رحلة التفوق في السادس

عطاءٌ بلا حدود

الكيمياء

للسادس التطبيقي

الفصل الأول : الثرموداينمك



إعداد الأستاذ

حيدر يحيى علوان

المدرس :- حيدر يحيى علوان
المدرسة :- اعدادية الاندلس للبنين

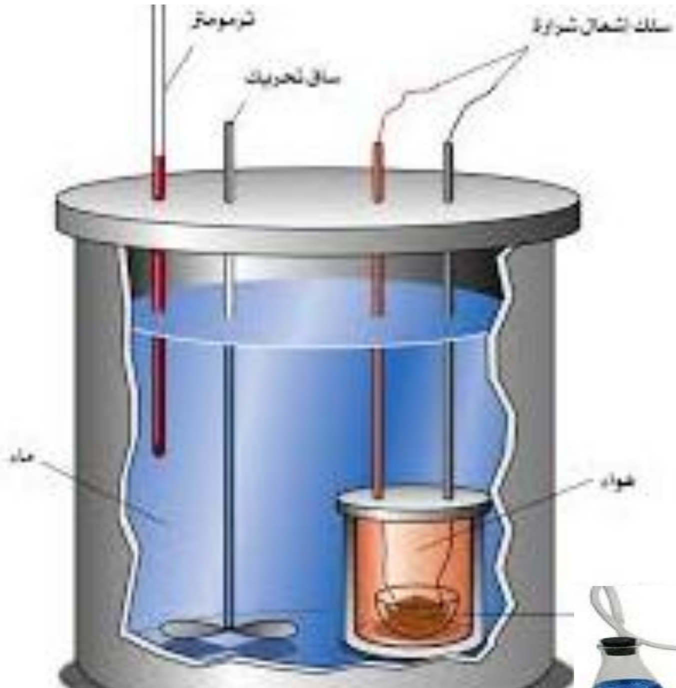
الكيمياء الحرارية

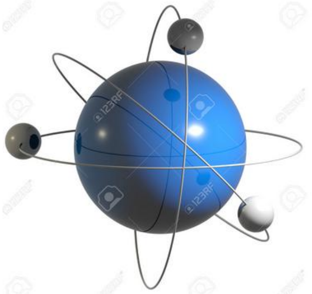
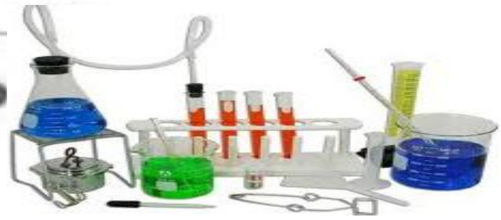
الفصل الاول 1

كيمياء السادس العلمي

اعداد المدرس

حيدر يحيى علوان



رحلة التفوق في السادس
عطاءٌ بلا حدود
A.M.Z



بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون﴾

انطلاقا من قول المصطفى (ص): ((زكاة العلم نشرهُ وتعليمهُ))

تضع شبكة مواقع رحلة التفوق في السادس التعليمية التربوية الخيرية بين ايديكم احدى اعمالها من ملازم مرحلة السادس الأعدادي هذه المرحلة الهامة والمصيرية في حياة اعزائنا الطلبة وخاصة المتعففين منهم ولمن يتعذر عليه اقتناء هذه المساعدات المدرسية في محافظاتنا العراقية العزيزة بهدف النهوض وتطوير الواقع التعليمي ولو بالجزء اليسير.

إذ أن شبكتنا لاتقتصر عاى نشر الملازم المدرسية فقط أنما تقوم بنشر الدروس المرئية المجانية لأكفأ التدريسيين بالأضافة الى مجموعة قنواتنا التدريسية وكذلك الأرشادات والنصائح وطرق الدراسة الصحيحة هذا من جهة. أما من جهة أخرى فهو كسر لشوكة بعض المحسوبين على الكادر التدريسي ممن يرفضون نشر ملازمهم والتعاون مع ابنائهم الطلبة ليأخذوا من المال هدفا أهم ويتناسوا مصلحة الطالب والواقع التعليمي المتدني.

علماً ان كادر الشبكة والقائمين عليها هم مجموعة من الشباب العراقي الواعي المثقف بالأضافة الى تعاون بعض المدرسين الكرام كما واننا غير تابعين لأي جهة كانت رسمية او غير رسمية انما سر تجمعنا وعملنا هو خيري بحت آملين من الله عز وجل ان يوفقنا لتقديم كل ما هو صالح لشعبنا و وطننا الحبيب.

كادر شبكة رحلة التفوق في السادس

٢٠١٥/٨/٢١

فهرست الفصل الأول

نصيب الفصل الأول في الامتحانات الوزارية للسنوات السابقة

1-للعام الدراسي 2012 -2013 الدور الأول

نوع السؤال	الدرجة
عرف النظام المغلق	5 درجات
مسئلة المسعر حرق الهيدرازين	10 درجات
مسئلة حساب ΔH^0_f لغاز CO من ΔH^0_r للتفاعل	10 درجات
علل لا يتحلل الماء .... علاقة كبس	5 درجات
المجموع	30 درجة

مجموع الدرجات = 155 درجة   الفصل % = $\frac{30}{155} \times 100 = 19.35\%$

2-للعام الدراسي 2013 -2014 الدور الأول

نوع السؤال	الدرجة
عرف الحرارة النوعية	2 درجة
مسئلة لحساب $\Delta H^0_{f\,(Al_2O_3)}$ و $\Delta H^0_{C\,(Al)}$	10 درجات
فراغ ان قيمة ΔS لتبخر الماء من ΔH^0_{Vap}	5 درجات
علل عملية انجماد الماء .....علاقة كبس	5 درجات
المجموع	22 درجة

مجموع الدرجات = 142 درجة   الفصل % = $\frac{22}{142} \times 100 = 15.5\%$

3-للعام الدراسي 2014 -2015 الدور الأول

نوع السؤال	الدرجة
علل انصهار الجليد تلقائي في ضوء علاقة كبس	5 درجة
مسئلة المسعر حرق الكلوكوز مثال في الفصل	10 درجات
مسئلة حساب ΔG^0_r من ΔH^0_f و ΔS^0 علاقة كبس	10 درجات
المجموع	25 درجة

مجموع الدرجات = 145 درجة   الفصل % = $\frac{25}{145} \times 100 = 17.25\%$

الثرموداينمك

رحلة التفوق في السادس عطاء بلا حدود A. M. Z

الثرموداينمك :- هو العلم الذي يهتم بدراسة الطاقة الحرارية وتحولاتها حيث يختص بتحويل اكبر قدر ممكن من الطاقة الناتجة من احتراق الوقود الى انواع أخرى من الطاقات مثل الطاقة الميكانيكية للاستفادة منها في عمل المحركات

يفسر علم الثرموداينمك كل من :-

عدد

أ – سبب حدوث التفاعلات الكيميائية
ب – التنبؤ بحدوث تغيرات الكيميائية والفيزيائية
جـ – سبب حدوث الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية
د – حدوث بعض التفاعلات تلقائيا وأخرى لا تحصل تلقائيا حيث

لا يهتم علم الثرموداينمك بزمن حدوث التفاعل

يمكن تقسيم الطاقة بشكل عام الى قسمين :-

قارن

1 – الطاقة الكامنة / Potential Enery

وتشمل الطاقة الكيميائية المخزونة في جميع أنواع المواد وجميع أنواع الوقود

2 – الطاقة الحركية / Kinetic Enery

وتشمل طاقة جميع الأجسام المتحركة مثل الجزيئات والماء المتحرك وكذلك السيارات والطائرات والصواريخ فمثلا تتحول الطاقة الكامنة في الماء إلى طاقة حركية إذا تم حركة الماء من أعلى الشلالات إلى أسفله حيث إن هذه الطاقة تدوُر المحرك لتوليد الطاقة الكهربائية

رحلة التفوق في السادس عطاء بلا حدود A. M. Z

عرف

قانون علم الثرموداينمك الأول :-

الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل لأخر

تعريف الطاقة :- هي مقدار الشغل المنجز ، وهي احدى صفات المادة التي تحدد حالتها ونشاطها وقدرتها على احداث تغيرات في النظام والوسط المحيط

وحدات الطاقة

إن الوحدات المستخدمة للتعبير عن الطاقة حسب النظام الدولي للوحدات هي (الجول) ورمزه (J) وعبر عنة

$$1\ J = 1\ Kg.m^2/S^2$$

الطاقة الحركية (KE) تساوي حاصل ضرب نصف الكتلة في مربع السرعة

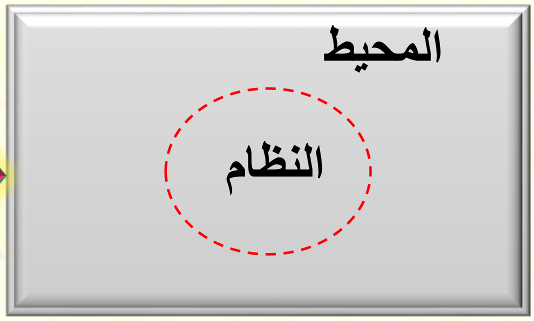
$$KE = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

مصطلحات الثرموداينمك :-

- **النظام** System :- النظام الثرموداينمكي هو ذالك الجزء من الكون الذي نهتم بدراسته ويتكون من المادة أو المواد المشتركة في حدوث تفاعل كيميائي او تغير فيزيائي .
- **المحيط** Surrounding:- كل ما يحيط بالنظام ويؤثر عليه من التغيرات الفيزيائية او الكيميائية
- **المجموعة** :- يطلق على النظام والمحيط بالمجموعة

تصلح النقاط أعلاه تصلح تعاريف

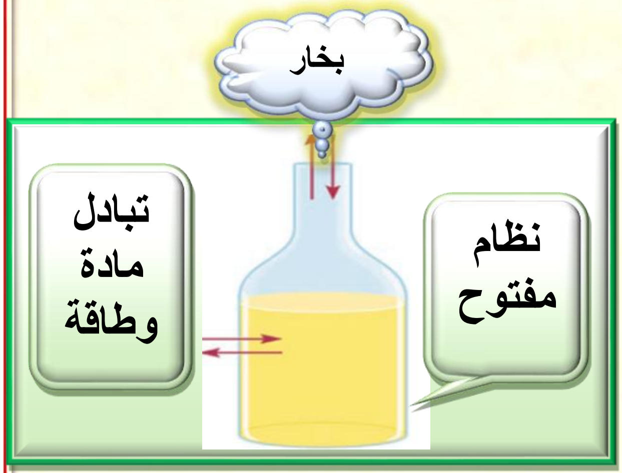
المجموعة = (النظام+المحيط)



• يقسم النظام إلى ثلاثة أنواع :-

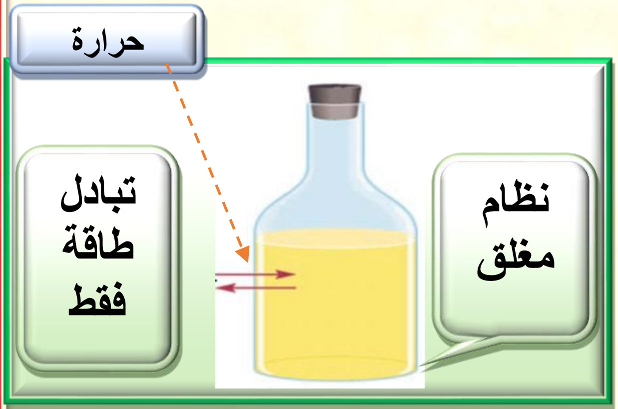
1- النظام المفتوح Open System

يسمى النظام مفتوحاً إذا كانت الحدود بين النظام والمحيط تسمح بتبادل مادة النظام وطاقته مثال على ذالك / إناء معدني مفتوح يحتوي على ماء مغلي



2- النظام المغلق Close System

يكون النظام مغلقا اذا كانت حدود النظام تسمح بتبادل الطاقة فقط ولا تسمح بتغير مادة النظام مثال على ذالك / إناء معدني مغلق يحتوي على ماء مغلي



3- النظام المعزول Isolated System

يعرف النظام المعزول بان حدوده لا تسمح بتبادل الطاقة ولا المادة مثال على ذلك / الثرموس



ملاحظة :- يطلق على التغيرات الفيزيائية للنظام مثل الحجم والضغط والحرارة بخواص النظام

الحرارة (Heat):- وهي انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين درجة حرارتهما مختلفة . أي من جسم اعلى درجة حرارة الى جسم اقل درجة حرارة

درجة الحرارة :- وهي مقياس للطاقة الحرارية حيث تتناسب الحرارة المفقودة او المكتسبة لجسم ما طرديا مع التغير في درجة الحرارة حيث يرمز للتغير في درجة الحرارة بـ (ΔT)

تناسب طردي

q الحرارة α مقدار التغير ΔT ⟹ $\Delta T = T_f - T_i$ (النهائية T_f ، الابتدائية T_i)

حيث يمكن التعبير عن كمية الحرارة (q)

وعلاقتها الطردية مع التغير في درجة الحرارة بالعلاقة اعلاه

استبدال التناسب ب = ثابت

$q =$ ثابت ΔT

تعريف

الثابت هو السعة الحرارية ويرمز له بـ (C) :- وهي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدره بالغرام m(g) من أي مادة درجة سليزية واحدة

$$q = C * \Delta T$$

تعريف

ترتبط السعة الحرارية بالحرارة النوعية Specific Heat ويرمز لها بـ (ς) :- وهي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة غرام واحد (1 g) من اي مادة درجة سيليزية واحدة

$$C = \varsigma \times m \quad \Longrightarrow \quad q = \varsigma \times m \times \Delta T$$

مثال 1-1

ما مقدار الحرارة الناتجة من تسخين قطعة من الحديد كتلتها 870 g من $5C^o$ إلى $95C^0$ ؟ علما ان الحرارة النوعية للحديد $0.45C^0 J / g.c^0$

الحل

$\Delta T = T_2 - T_1$

$\Delta T = 95 - 5 \Rightarrow 90 \ c^0$

$q = \varsigma \times m \times \Delta T$

$q = 0.45 \ J/g.c^0 \times 870 \ g \times 90 \ c^0$

$q = 45 \times 87 \times 9$

$q = 35235 \ J \Rightarrow q = \dfrac{35235}{1000}$

والحرارة المستهلكة من تسخين قطعة حديد بوحدة KJ تكون كالاتي

$q = 35.235 \ kJ \simeq 35.2 \ kJ$

تمرين 1-1

تغيرت درجة حرارة قطعة من المغنسيوم كتلتها 10 g من $25C^0$ الى $45C^0$ مع اكتساب حرارة مقدرها 205 J احسب الحرارة النوعية لقطعة المغنيسيوم

الحل

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$\Delta T = 45 - 25$$

$$\Delta T = 20\,C^0$$

نجد الحرارة النوعية (ς) لقطعة المغنيسيوم باستخدام العلاقة التالية

$$q = ς \times m \times \Delta T$$

$$\therefore ς = \frac{q}{m \times \Delta T}$$

$$ς = \frac{205}{10 \times 20} \Rightarrow \frac{205}{200}$$

$$ς = 1.025 \quad (J/g.c) \simeq 1.03 \quad (J/g.c)$$

سؤال 1-10

قطعة من النحاس كتلتها 6 g سخنت من $21\ C^0$ الى $124\ C^0$ احسب كمية الحرارة بوحدات الكليو جول اذا علمت ان الحرارة النوعية للنحاس $0.39\ \ J/g.C^0$

الحل

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$\Delta T = 124 - 21$$

$$\Delta T = 103\ \ C^0$$

$$q = ς_{J/g.C^0} \times m_g \times \Delta T_{C^0}$$

$$q = 0.39 \times 6 \times 103$$

$$q = 241.02\ \ J \Rightarrow q \simeq 241\ \ J$$

ولتحويل الوحدات من J الى KJ

$$q = \frac{241}{1000}$$

$$q = 0.241\ \ KJ$$

حرارة التفاعل (الأنثالبي)

وهو مقدار التغير في حرارة التفاعل عند ضغط ثابت ويرمز له بـ (ΔH) والتي تساوي بالضبط حراة التفاعل عند ضغط ثابت

الانثالبية — حرارة التفاعل

$$\Delta H = q_P$$

q_P: مقاسة تحت ضغط ثابت

$\Delta H r$: تعني حرارة التفاعل، r: reaction

رحلة التفوق في السادس

- ΔHr < صفر تكون سالبة أي باعثة للحرارة
- ΔHr > صفر تكون موجبة أي ماصة للحرارة

$$\Delta Hr = \Delta H_P - \Delta H_r$$

P: نواتج، r: متفاعلات

دالة الحالة :- وهي تلك الخاصية او الكمية التي تتعمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية للنظام بعد التغير بغض النظر عن الطريق او المسار الذي تم من خله هذا التغير

الخواص العامة :- تقسم الخواص العامة إلى نوعين :-

1 - **الخواص الشاملة** :- تشمل جميع الخواص التي تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل كتله \ حجم \ السعة الحرارية \ طاقة حرة

2 – **الخواص المركزة** :- وتشمل جميع الخواص التي لا تعتمد على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الضغط والكثافة والحرارة النوعية

ملاحظة :- الانثالبي ΔH تعتبر دالة الحالة وهي خاصية شاملة لأنها تعتمد على كمية المادة

Thermochemistry الكيمياء الحرارية

فرع من فروع علم الثرموداينمك يهتم بدراسة التغيرات الحرارية التي ترافق التفاعلات الكيميائية علما ان التفاعل الكيميائي عبارة عن تكسر الاواصر التي تربط بين الذرات المتفاعلة لتكوين اواصر جديدة للمواد الناتجة

الكيمياء الحرارية :- تقوم بدراسة الحرارة الممتصة والحرارة المنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والتفاعلات الكيميائية

باعث للحرارة لان الطاقة بالناتج

تفاعل كيميائي: $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(\ell)} + Energy$

تغير فيزيائي: $2H_2O_{(g)} \rightarrow H_2O_{(\ell)} + Energy$

ماص للحرارة لان الطاقة بالمتفاعلات

تفاعل كيميائي: $2HgO_{(s)} + Energy \rightarrow 2Hg_{(\ell)} + O_{2(g)}$

تغير فيزيائي: $H_2O_{(s)} + Energy \rightarrow H_2O_{(\ell)}$



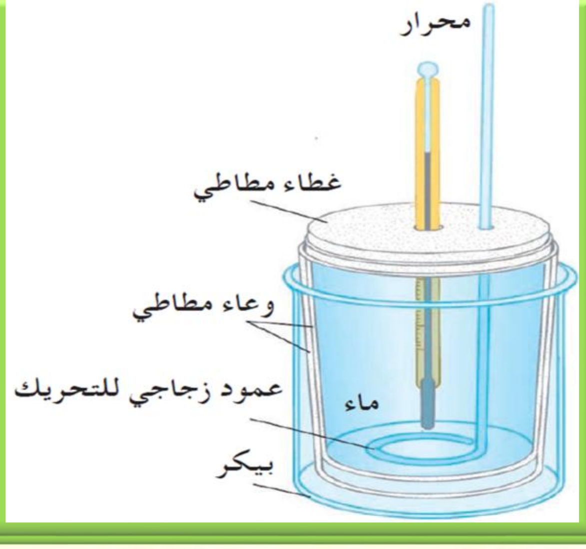
1 – g يعني غاز
2- ℓ يعني سائل
3- S يعني صلب

يجب معرفة التمييز بين معادله التفاعل الكيميائي عن التغير الفيزيائي حيث إن التغير الفيزيائي هي تحول مادة من حالة أخرى مثل تحول الماء من سائل إلى غاز أو بالعكس



قياس انثالبي التفاعل (جهاز المسعر)

المسعر (Calorimeter) هو جهاز يستخدم لقياس حرارة التفاعل (انثالبي التفاعل) ممتصة او منبعثة في التفاعلات الكيميائية عند ثبوت الضغط حيث يتكون من وعاء للتفاعل مغمور في كمية معينة من الماء (معروفة الكتلة) موجودة في وعاء معزول عزلا جيدا كما في الشكل التالي وبما ان الحرارة المتحررة من التفاعل ترفع درجة حرارة الماء والمسعر لذا يمكن قياس كميتها من الزيادة في درجة الحرارة اذا كانت السعة الحرارية للمسعر ومحتوياته معروفة



مثال 2-1

باستخدام المسعر وضعت 3g من مركب الكلوكوز ($C_6H_{12}O_6$) الكتلة المولية للكلوكوز (180 g/ mole) في وعاء العينة ثم ملئ وعاء التفاعل بغاز الأوكسجين . وضع هذا الوعاء داخل الوعاء المعزول الذي ملء بكمية 1200 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J / g . ^{0} C) درجة الحرارة الابتدائية 21 C^0 احرق بعد ذلك المزيج وعند قياس درجة الحرارة وجد أن التفاعل رفع درجة حرارة المسعر ومحتوياته إلى 25.5 ^{0} C ، احسب كمية الحرارة المنبعثة نتيجة احتراق 1 mole من الكلوكوز . على فرض أن السعة الحرارية للمسعر مهملة ،

الحل

$$n_{C_6H_{12}O_6} = \frac{m}{M} = \frac{3}{180} = 0.017 \ mol$$

$$q_P = \varsigma \times m \times \Delta T$$

$$q_P = 4.2 \times 1200 \times 4.5$$

$$q_P = 42 \times 540 \Rightarrow q_P = -\ 22680 \ J$$

$$\Delta H = \frac{-\ 22680}{0.017} \Rightarrow \Delta H = \ -\ 1334000 \ J/mol$$

$$\Delta H = \frac{-\ 1334000}{1000} \Rightarrow -\ 1334 \ KJ/mol$$

تمرين 1-2

وزاري ٢٠١٣ الدور الأول

تم حرق $3\ g$ من مركب الهيدرازين N_2H_4 كتلته المولية $32\ g/mole$ في مسعر مفتوح يحتوي على $1000\ g$ من الماء (الحرارة النوعية للماء $4.2 J/g.c^0$) فان درجة الحرارة ترتفع من $24.6\ c^0$ الى $28.2\ c^0$ احسب الحرارة المتحررة نتيجة الاحتراق (1 mole) من الهدرازين بوحدة (KJ/mole) على افتراض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة

الحل

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T$$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$\Delta T = 28.2 - 24.6$$

$$\Delta T = 3.6\ c^0$$

$$q = 4.2 \times 1000 \times 3.6$$

$$q = 42 \times 10 \times 36$$

$$q = -15120\ J$$

لأنها حرارة منبعثة لذلك تكون سالبة

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow \frac{3}{32} \Rightarrow 0.094\ mol$$

$$q = \frac{-15120}{0.094} \Rightarrow -160851\ J/mol$$

ولتحويلها الى KJ نقسم على 1000

$$q_{KJ} = \frac{-160851}{1000}$$

$$q = -160.851 \simeq 161\ KJ/mole$$

ملاحظات

1 – في هذا النوع من الأسئلة إذا كانت المادة في داخل مسعر فان غرامات الماء الموجودة في المسعر هي تدخل في حسابات كمية الحرارة

2 – يجب الانتباه على صيغة السؤال حيث إذا وردت عبارة (الحرارة المتحررة) توضع إشارة سالبة على كمية الحرارة

3 – نحسب كمية الحرارة لعدد المولات في صيغة السؤال

$$n = \frac{3\ g}{32\ g/mole}$$

ثم نحولها إلى 1 mole حسب المطلوب بالعلاقة التالية

-15120   3/32 = 0.094

q   1 mol

4 – ثم نحول وحدات كمية الحرارة إلى الكليو جول بالقسمة على 1000

سؤال 17-1

تم حرق عينة كتلتها 1.5 g من حامض الخليك CH_3COOH الكتلة المولية للحامض (60 g/mole) بوجود كمية وافية من الأوكسجين وكان المسعر يحتوي 750 g من الماء (الحرارة النوعية للماء $4.2\ J/g.c^0$) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من $24\ C^0$ الى $28\ C^0$. احسب كمية الحرارة التي يمكن ان تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض . على فرض ان السعة الحرارية للمسعر مهملة

الحل

نفس التمرين السابق في الصفحة السابقة حرق المادة في المسعر

$$q = ς \times m \times \Delta T$$

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$\Delta T = 28 - 24$$

$$\Delta T = 4\ c^0$$

$$q = 4.2 \times 750 \times 4$$

$$q = 42 \times 75 \times 4$$

$$q = -12600$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow \frac{1.5}{60} \Rightarrow 0.025\ \text{mole}$$

لذا فالحرارة المنبعثة من احتراق 1 mole من حامض الخليك تساوي

$$q = \frac{-12600}{0.025}$$

$$q = -504000\ \text{J/mole}$$

اذا طلب منك حسابها بـ KJ نقسم الناتج على 1000 بحيث

$$q = \Delta H$$

$$q = \Delta H \Rightarrow q = \frac{-504000}{1000} = -504\ \text{KJ/mol}$$

معادلة الكيمياء الحرارية

ان المعادلة الكيميائية الحرارية تختلف عن المعادلات الكيميائية الأخرى فهي تبين :-

1– إشارة الانثالبي المصاحب للتفاعل إي ماص (+) او باعث (-) اذا كانت للتفاعل الكيميائي او التغير الفيزيائي مثال عملية انصهار الجليد

$$H_2O_{(s)} \rightarrow H_2O_{(\ell)} \qquad 6\ KJ/mole = \Delta H$$

وهذا يعني امتصاص حرارة مقدارها 6 KJ / mole عند درجة حرارة $25\ c^0$ وضغط 1 atm ويمكن تضمين الحرارة الممتصة بوضعها في المواد المتفاعلة وعلى النحو التالي:-

$$H_2O_{(s)} + 6\ KJ/mole \rightarrow H_2O_{(\ell)}$$

مثال :- تفاعل احتراق الميثان هو تفاعل باعث للحرارة حيث يحرر الميثان حرارة مقدارها 890 KJ / mole عند حرق مول واحد منها في $25\ C^0$ وضغط 1 atm وبالتالي يمكن كتابتها ضمن النواتج كما في المعادلة

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 890\ KJ/mole$$

2 – يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل والناتجة منه حيث تستخدم التعابير التالية Solid صلب ، liquid سائل ، gas غاز ، aqueos محلول مائي
حيث ان كمية الحرارة الممتصة أو المتحررة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية للمواد المتفاعلة

$$H_{2(g)} + 1/2\ O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(\ell)} \qquad \Delta H = -286\ KJ/mole$$

$$H_2O_{(\ell)} \rightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H = -242\ KJ/mole$$

3 – اذا تم عكس العملية (قلب التفاعل الكيميائي او التغير الفيزيائي) فان اشارة انثالبي التفاعل تتغير من الموجب الى السالب وبالعكس

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(\ell)} \qquad \Delta H = 6\ KJ/mole$$

$$H_2O_{(\ell)} \longrightarrow H_2S_{(s)} \qquad \Delta H = -6\ KJ/mole$$

4 – عند ضرب او قسمة طرفي المعادلة بمعامل عددي فيجب ان نجري نفس العملية الى قيمة (ΔH)

$$H_2O_{(s)} \xrightarrow{\times 2} H_2O_{(\ell)} \qquad \Delta H = 6\ KJ/mole$$

$$2H_2O_{(s)} \longrightarrow 2H_2O_{(\ell)} \qquad \Delta H = 2 \times 6 \Rightarrow 12\ KJ/mole$$

انواع الانثالبيات ΔH_r^o

1 ـ انثالبية التكوين القياسية (ΔH_f^0)

2 ـ انثالبية الاحتراق القياسية (ΔH_C^0)

3 ـ انثالبية التفكك القياسية (ΔH^0)

4 ـ انثالبية التغيرات الفيزيائية ΔH^o

1 ـ انثالبية التكوين القياسية (ΔH_f^0)

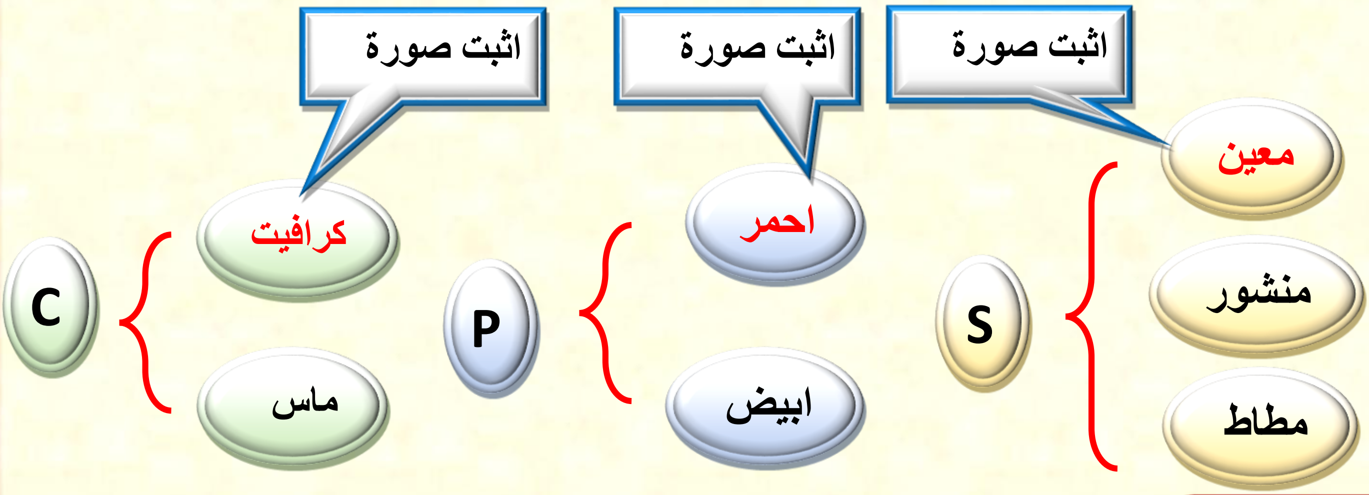
هي الحرارة اللازمة لتكوين مول احد من أي مركب من عناصرها الاولية المتواجدة بأثبت صورها محسوبة بالظروف القياسية أي ($25\ C^0$ $1\ atm$)

ملاحظة :- يجب ان تحقق ΔH_f^0 ثلاثة شروط :- وهي :-

أ ـ ان يكون الناتج مول واحد فقط

ب ـ ان يكون الناتج قد جاء من العناصر الاولية (الاساسية) أي ليست مركبات العناصر الاولية عددها اكثر من 110 عنصر كلها احادي الذرة عدا العناصر الغازية ($H_2, O_2, N_2, Cl_2, F_2, Br_2, I_2$) وهم سبعة جزيئات ثنائية الذرة.

ج ـ ان تكون العناصر الاولية بأثبت صورها يعني اقل طاقة وتحديداً العناصر التي لها صور مثل الكبريت والفسفور والكاربون



مثال

$$3/2\ H_2 + 2O_2 + 1/4\ P_4 \rightarrow H_3PO_4 \qquad \Delta H_f^0 = -1279\ KJ/mol$$

عناصر أولية وليست مركبات — الاحمر — مول واحد

مثال 1-4

اي من التفاعلات الآتية ($\Delta H_r^o = \Delta H_f^o$) للتفاعل بشكل عام — للتفاعل بشكل خاص كتكوين

الحل

1 - $4Fe_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(S)}$ $\Delta H_r^o = 1625\ KJ$

2 - $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(S)}$ $\Delta H_r^o = -394\ KJ$ ✔

3 - $CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightarrow CO_{2(g)}$ $\Delta H_r^o = -283\ KJ$

❖ التفاعل 1 ـ لا تساوي ΔH_f^o لان الناتج هو 2 mole

❖ التفاعل 2 ـ تساوي ΔH_f^o وذلك لأنه يحقق جميع الشروط وهي مول واحد من CO_2 ومن العناصر الأولية وكذلك الكاربون بأثبت صورة وهي الكرافيت

❖ التفاعل 3ـ لا تساوي ΔH_f^o وذلك لان المواد المتفاعلة فيها مركب وليس عنصر وهو CO

تمرين 1-3

اذا علمت ان (ΔH_f^o) لـ $H_2SO_4 = -811$ اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون ΔH_r^o مساوية لـ ΔH_f^o

الحل

$H_{2(g)} + 2O_{2(g)} + S_{(rhombic)} \rightarrow H_2SO_{4(L)}$ $\Delta H_f^o = \frac{\Delta H_r^o}{n} = -811$ (1)

تمرين 1-4

احسب انثالبي التفاعل القياسية ΔH_r^o للتفاعل التالي إذا علمت أن انثالبي التكوين القياسية لفلوريد الهيدروجين (HF) تساوي ΔH_f^o (HF) = - 271 kJ / mol

$H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightarrow 2HF_{(g)}$ $\Delta Hr = ?\ kJ$

الحل

$$\Delta H_f^o = \frac{\Delta H_r^o}{n} \Rightarrow \Delta H_r^o = 2 \times\ -271 = -542\ KJ$$

تمرين 1-5

احسب ΔH_r^o للتفاعل الاتي $4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(s)}$ اذا علمت ان حرارة التكوين القياسية لأوكسيد الالمنيوم = 1670-

الحل

نكتب معادلة تكوين مول واحد من اوكسيد الالمنيوم لان ΔH_f^0 لها معطاه في السؤال

$2Al + 3/2\ O_2 \rightarrow Al_2O_3$ $-1670 = \Delta H_f^0$

عند ضرب معادلة التكوين (2×) نجدها تشبه المعادلة الاصلية وهي المعادلة المجهولة فيها انثالبي التفاعل ΔH_r^o وبالتالي نضرب انثالبي التكوين (ΔH_r^0) ×2

$4Al_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Al_2O_{3(S)}$ $\Delta H_r^0 = \Delta H_f^0 \times n \Rightarrow = -1670 \times 2 = -3340$

ثانيا :- انثالبية الاحتراق القياسية (ΔH^0_C)

وهي الحرارة اللازمة لاحتراق مول واحد من المادة مع كمية وافية من الاوكسجين بالظروف القياسية $25\ C^0$ $1\ atm$

شروطها

1 – إن يحترق مول واحد فقط من المادة

2 – وجود غاز الأوكسجين O_2 في عملية الاحتراق

3 – ان يكون الاحتراق تام وللحرارة الاحتراق ΔH^0_C اهمية في :-

أ – تعيين القيم الحرارية للوقود والمواد الغذائية

ب – تعيين ΔH^0_f لبعض العناصر

ملاحظة

١ـ في منهجنا هذا نكتفي في ايجاد حرارة احتراق ΔH^0_C

أ – للعناصر الفلزية مثل الحديد والألمنيوم لينتج اكاسيد تلك العناصر او العناصر اللافلزية مثل كبريت الكاربون لتكوين اكاسيد تلك العناصر وكذلك احتراق الهيدروجين لتكوين (الماء)

ب – احتراق المركبات العضوية (وهي المركبات التي تحتوي على الكاربون والهيدروجين كعناصر أساسية فيها والتي ستدرس في الفصل السابع) حيث ان ناتج التفاعل تقريبا ثابت وهو ثاني اوكسيد الكاربون CO_2 والماء H_2O

٢ ـ ان جميع تفاعلات الاحتراق هي تفاعلات باعثة للحرارة (قيمة سالبة)

٣ ـ على الطالب الاستعداد على كتابة معادلة الاحتراق مضبوطة ومتوازنة بحيث يتم احتراق مول واحد من المادة مع وفرة الأوكسجين

٤ ـ في هذه النقطة نتعلم موازنة معادلة تفاعل احتراق المركبات العضوية حيث نبدأ بذرة الكاربون أولا لنحسب عدد ذراتها في المتفاعلات ليكون نفس العدد من الذرات بالنواتج ثم الهيدروجين وبعدها نعمل على موازنة الأوكسجين حيث نحسب كم ذرة في النواتج ليطابق العدد نفسة من المتفاعلات

تمرين 1-6

اكتب تفاعل احتراق غاز البروبان (C_3H_8) إذا علمت أن :

$\Delta H_c^o\ (C_3H_8) = -2219\ kJ/mol$

الحل

$$1C_3H_{8(L)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(L)} \qquad \Delta H^0_C = -2219\ KJ/mol$$

بعض التفاعلات لاحتراق العناصر والمركبات العضوية

1 - $H_{2(g)} + 1/2\,O_{2(g)} \rightarrow H_2O_{(\ell)}$ $\Delta H^0_C = -286\ KJ/mol$

هذا التفاعل يمكن ان يعتبر تكوين للماء ΔH^0_f لأنه يحقق شروط التكوين

2 - $C + O_2 \rightarrow CO_2$ $\Delta H^0_C = -394\ KJ/mol$

كذلك هذا التفاعل يمكن اعتباره كتفاعل تكوين CO_2 لتحقيق الشروط

3 - $C_4H_{10} + 13/2\,O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5H_2O$ $\Delta H^0_C = -2873\ KJ/mol$

4 - $C_8H_{18} + 25/2\,O_2 \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O$ $\Delta H^0_C = -5471\ KJ/mol$

$16 + 9 = 25$

5 - $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$ $\Delta H^0_C = -2808\ KJ/mol$

$2\times6=12$

سؤال واجب

اكتب المعادلات الكيميائية التالية بحيث تكون ΔH^0_r لها مساويا لـ ΔH^0_f أو ΔH^0_C

1- احتراق غاز الاستلين C_2H_2

2- تكوين كحول الاثيلي C_2H_5OH

3- احتراق غاز البروبان

4- تكوين حامض الخليك

5- احتراق البنتان C_5H_{12}

سؤال واجب

اذا كانت قيمة $\Delta H^0_r = -1625\ KJ$ للتفاعل التالي

$4Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$ $\Delta H^0_r = -1625\ KJ$

جد (1) ΔH^0_f لـ (Fe_2O_3) جواب 812.5 KJ/mol

(2) ΔH^0_C لـ (Fe) جواب 406.25 KJ/mol

ثالثا :- انثالبية التفكك القياسية (ΔH^{o}) للتفكك

وهي الحرارة الناتجة من تفكك مول واحد من المركب إلى عناصره الأولية محسوبة بالظروف القياسية ($25\ C^{0}$ 1 atm)

ملاحظة

$$H_2SO_4 \rightarrow H_2 + S + 2O_2 \qquad \Delta H^{o}_{للتفكك} = +811$$

إن انثالبية التفكك القياسية تساوي بالضبط انثالبية التكوين القياسية لكن بعكس الاشارة لان معادلة التفكك هي مقلوب معادلة التكوين

رابعا :- انثالبية التغيرات الفيزيائية

أ ـ انثالبي التبخر (ΔH_{Vap}) هي مقدار الحرارة اللازمة لتبخر مول واحد من اي مادة

$$H_2O_{(L)} \xrightarrow{vaprization} H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_{Vap} = +44 \quad KJ/mol$$

ماصا للحرارة — مختصر لكلمة التبخر

ب ـ انثالبي التكثيف (ΔH_{Cond}) هي مقدار الحرارة المنبعثة لتكثيف مول واحد من المادة وهو بذلك عكس حرارة التبخر

$$H_2O_{(g)} \xrightarrow{Candesation} H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_{Cond} = -44 \quad KJ/mol$$

باعثا للحرارة — مختصر لكلمة التكثيف

ج ـ انثالبي الانصهار (ΔH_{fus}) هي مقدار الحرارة اللازمة لصهر مول واحد من اي مادة

$$H_2O_{(S)} \xrightarrow{fusion} H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_{fus} = 6 \quad KJ/mol$$

ماصا للحرارة — مختصر لكلمة الانصهار

د ـ انثالبي الانجماد (ΔH_{Cryst}) هي مقدار الحرارة المنبعثة والتي تؤدي لانجماد مول واحد من المادة وهو بذلك عكس حرارة انثالبي الانصهار

$$H_2O_{(L)} \xrightarrow{Crystallization} H_2O_{(S)} \qquad \Delta H_{Crst} = -6 \quad KJ/mol$$

باعثا للحرارة — مختر لكلمة التبلور

الخلاصة

$\Delta H_{Vap} = -\Delta H_{Cond}$ (قيمة موجبة / قيمة سالبة)

$\Delta H_{fus} = -\Delta H_{Cryst}$ (قيمة موجبة / قيمة سالبة)

مثال 1-6 اذا علمت ان انثالبي التبخر للامونيا تساوي 23 KJ/mole احسب انثالبي التكييف للأمونيا ؟

الحل

نكتب معادلة انثالبي التبخر للأمونيا وهي

$NH_{3(\ell)} \xrightarrow{\text{تبخر}} NH_{3(g)} \qquad \Delta H_{Vap} = 23 \quad KJ/mole$

التبخر يعني تحويل المادة من سائل الى غاز

عكس الاشارة

وبما ان التكيف عكس عملية التبخير إي أن

$NH_{3(g)} \longrightarrow NH_{3(\ell)} \qquad \Delta H_{Cond} = -23 \quad KJ/mole$

تكثيف يعني تحويل المادة من غاز الى سائل

تمرين 1-7 اذا علمت ان انثالبي الانصهار حامض الخليك تساوي 5.11 KJ/mole احسب انثالبي الانجماد لهذا الحامض ؟

الحل

$CH_3COOH_{(s)} \longrightarrow CH_3COOH_{(\ell)} \qquad \Delta H_{fus} = 5.11 \quad KJ/mole$

انصهار يعني تحويل الصلب الى سائل

$CH_3COOH_{(\ell)} \longrightarrow CH_3COOH_{(s)} \qquad \Delta H_{Cryst} = -5.11 \quad KJ/mole$

انجماد يعني تحويل السائل الى صلب

طرائق حساب انثالبي التفاعلات القياسية

اولا :- طريقة قانون هيس :- ان كمية الحرارة المنبعثة او الممتصة في أي تفاعل كيميائي هي قيمة ثابتة لا تعتمد على خطوات التفاعل للوصول الى الناتج . أي عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فان التغير في انثالبي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحدة او في سلسله من الخطوات

س / ما هي فائدة قانون هيس ؟

ج/ فائدته تكمن في أمكانية قياس انثالبي التفاعلات ΔH التي لا يمكن قياسها بشكل مباشر لكون حدوثها غير ممكن لبطئها أو لتكون نواتج جانبية

سؤال

احسب ΔH_f لغاز أحادي اوكسيد الكاربون من التفاعلين الآتيين :-

$$1-\ \underset{grphite}{C} + \underset{g}{O_2} \longrightarrow \underset{g}{CO_2} \qquad \Delta H_r^0 = -393.5 \quad KJ/mole$$

$$2-\ \underset{g}{CO} + 1/2\,\underset{g}{O_2} \longrightarrow \underset{g}{CO_2} \qquad \Delta H_r^0 = -283 \quad KJ/mole$$

الحل

ملاحظة

في قانون هيس نستخرج قيمة حرارة التفاعل (ΔH) من قيم حراريات التفاعلات للمسالك او الخطوات التي يمر بها التفاعل لذلك يجب جمع هذه الخطوات لتكن في المحصلة النهائية معادلة التفاعل الأصلية

ولحساب ΔH_f لغاز CO يجب كتابة معادلة التفاعل لان في صيغة هذا السؤال لم يعطي المعادلة الاصلية لذلك علينا كتابتها بشكل مضبوط

عناصر اولية — تكوين مول واحد

$$C + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO \qquad \Delta H_f^0 = ?$$

$$1\text{-}\ C + O_2 \rightarrow CO_2 \qquad \Delta H^0 = -393.5$$

$$2\text{-}\ CO + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2 \qquad \Delta H^0 = -283$$

كما في المعادلة رقم واحد نلاحظ وجة الشبه بينهما وبين المعادلة الاصلية حيث ان وجه الشبه هو (C) وعند المقارنة بين المعادلة (1) والاصلية نلاحظ ان الكاربون متطابق حيث يوجد مول واحد في كلتا المعادلتين موجود في المتفاعلات في المعادلتين الاصلية ورقم (1)

اما في المعادلة (2) فان الشبه هو غاز CO حيث يوجد في متفاعلاتها أما في المعادلة الاصلية فانه موجود في النواتج لذلك معادلة رقم (2) تُقلب

$$1\text{-}\ C + O_2 \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H_r^0 = -393.5 \quad KJ/mol$$

كما هي

$$2\text{-}\ CO_2 \longrightarrow CO + 1/2\,O_2 \qquad \Delta H_r^0 = +283 \quad KJ/mol$$

تقلب

$$C + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO \qquad \Delta H_r^0 = -110.5 \quad KJ/mol$$

مثال (1-7) احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب CS_2 من عناصره الأساسية بأثبت صورها

$$\underset{grphite}{C} + \underset{rhombic}{2S} \rightarrow \underset{\ell}{CS_2} \qquad \Delta H_f^0 = ? \quad KJ/mole$$

اذا اعطيت المعادلات الحرارية الاتية

$$1-C+O_2 \longrightarrow CO_2 \qquad \Delta H_r^0 = -394 \quad KJ/mole$$

$$2-S+O_2 \longrightarrow SO_2 \qquad \Delta H_r^0 = -296 \quad KJ/mole$$

$$3-CS_2+3O_2 \longrightarrow CO_2+2SO_2 \quad \Delta H_r^0 = -1072 \quad KJ/mole$$

الحل

نناقش المعادلات الافضل بالتسلسل معادلة رقم (1) الكاربون C موجود في الاصلية وفي المعادلة رقم (1) حيث يوجد مول واحد في المتفاعلات في كلتا المعادلتين لذلك تبقى المعادلة كما هي

معادلة رقم (2) الكبريت S هو المشترك لذلك يجب ان نجعله 2S كما في المعادلة الاصلية لذلك نضرب المعادلة رقم اثنان X 2

معادلة رقم (3) CO_2 هو المشترك بينها وبين المعادلة الاصلية لذلك يجب ان تُقلب المعادلة رقم (3)

$$1-C+O_2 \rightarrow CO_2 \quad \Delta H_r^0 = -394 \ KJ/mole$$ كما هي

$$2-2S+2O_2 \rightarrow 2SO_2 \quad \Delta H_r^0 = -592 \ KJ/mole$$ 2 X

$$3-CO_2+2SO_2 \rightarrow CS_2+3O_2 \quad \Delta H_r^0 = +1072 \ KJ/mole$$ تُقلب

$$C+2S \rightarrow CS_2 \qquad \Delta H^0 = +86 \quad KJ/mole$$

-394
-592
-986

نجمع الاشارات المتشابهة

+1072
-986
+86

اشارة الكبير

تمرين (1-8) احسب انثالبي التكوين القياسية للاستلين من عناصره الاساسية . اذا اعطيت المعادلات الحرارية الاتية :-

$$1-\ \underset{graphite}{C} + \underset{g}{O_2} \rightarrow \underset{g}{CO_2} \qquad \Delta H_r^0 = -394 \quad KJ/mole$$

$$2-\ \underset{g}{H_2} + \frac{1}{2}\underset{g}{O_2} \rightarrow \underset{\ell}{H_2O} \qquad \Delta H_r^0 = -286 \quad KJ/mole$$

$$3-\ 2\underset{g}{C_2H_2} + 5\underset{g}{O_2} \rightarrow 4\underset{g}{CO_2} + 2\underset{\ell}{H_2O} \qquad \Delta H_r^0 = -2599 \quad KJ/mole$$

الحل

المطلوب هو حساب حرارة التفاعل تكوين الاستلين

$$2C + H_2 \rightarrow C_2H_2 \qquad \Delta H_f^0 = ?$$

عناصر أساسية — مول واحد من الاستلين

في معادلة رقم (1) الكاربون C مع المعادلة الاصلية لذلك يجب ان تكون عدد مولاته (2)

معادلة رقم (2) تبقى كما هي لان H_2 متطابق مع المعادلة الاصلية

معادلة رقم (3) الاستلين يتحول الى نواتج ويقسم على 2 كما في المعادلة الاصلية

$$1-\ 2C + 2O_2 \rightarrow 2CO_2 \qquad \Delta H_r^0 = -788 \ KJ/mole$$ (2 X)

$$2-\ H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O \qquad \Delta H_r^0 = -286 \ KJ/mole$$ (كما هي)

$$3-\ 2CO_2 + H_2O \rightarrow C_2H_2 + 5/2\,O_2 \qquad \Delta H_r^0 = +1299.5$$ (تُقلب/ 2)

$$2C + H_2 \rightarrow C_2H_2 \qquad \Delta H_r^0 = +225.5 \quad KJ/mole$$

نجمع الاشارات المتشابهة:

-788
-286
-1074

اشارة الكبير:

+1299.5
-1074.0
+225.5

سؤال (1-21) اكتب نص قانون هيس وفسر فائدته في الكيمياء الحرارية . ومن المعادلات الحرارية التالية عند درجة C^0 25 وضغط 1 amt

$$1- H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl \qquad \Delta H_r^0 = -185 \quad KJ/mole$$

$$2- 2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O \qquad \Delta H_r^0 = -484 \quad KJ/mole$$

احسب ΔH_r^0 للتفاعل الاتي :-

$$4HCl + O_2 \rightarrow 2Cl_2 + 2H_2O \qquad \Delta H_r^0 = ? \quad KJ/mole$$

الحل

ان نص قانون هيس :- عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فان التغير في انثالبي لهذا التفاعل هو نفسة سؤاء تم التفاعل في خطوة واحدة ام في سلسلة من الخطوات

فائدة قانون هيس :- هي امكانية قياس انثالبي التفاعلات التي يمكن قياسها بشكل مباشر لكون حدوثها غير ممكن لبطئها او لتكون نواتج جانبية

المطلوب حساب $4HCl + O_2 \rightarrow 2Cl_2 + 2H_2O \qquad \Delta H_r^0 = ? \quad KJ/mole$

في المعادلة رقم (1) نلاحظ ان HCl في النواتج ويحتوي على مولين بينما المعادلة الاصلية موجود في المتفاعلات ويحتوي على اربع مولات لذلك يتم قلب المعادلة وظربها في (2) . اما المعادلة رقم (2) تبقى كما هي نلاحظ ان H_2O في النواتج كما في المعادلة الاصلية وذا اخذ O_2 كمشترك ايضا تبقى كما هي

$$1- 4HCl \longrightarrow 2H_2 + 2Cl_2 \quad \text{تقلب } \times 2 \qquad \Delta H_r^0 = +370 \quad KJ/mole$$

$$2- 2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O \quad \text{كما هي} \qquad \Delta H_r^0 = -484 \quad KJ/mole$$

$$4HCl + O_2 \longrightarrow 2Cl_2 + 2H_2O \qquad \Delta H_r^0 = -114 \quad KJ/mole$$

-484+370=-114

ثانيا :- استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية :-

حيث تعتبر هذه الطريقة مباشرة ولإيجاد الانثالبية ΔH في العلاقة التالية

$$\Delta H_r^0 = \sum n\ \Delta H_f^0 \ (\text{Products}) - \sum n\ \Delta H_f^0 \ (\text{Reactants})$$

النواتج Products — متفاعلات Reactants

ملاحظات

١- بعض الاسئلة لا يعطى فيها معادلة التفاعل مثلا معادلة احتراق المركبات العضوية فان كتابة المعادلة سهل حيث ان المركب العضوي يحترق بمول واحد مع وجود O_2 والناتج هو $(H_2O + CO_2)$ مع موازنة المعادلة كما مر ذكرها سابقا .....

٢- قد يعطي لبعض المركبات حرارة التفكك ولكن المطلوب هو حرارة تكوينية لذلك نعمل على عكس اشارة من الموجب الى السالب

٣- قد يعطي في السؤال حرارة احتراق H_2 وهو غير موجود في المعادلة لكن الحقيقة الموجود فيها H_2O حيث ان حرارة احتراق H_2 هي نفس حرارة تكوين الماء كما في المعادلة الأتية:

عناصر أولية — مول واحد

$$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O \qquad \Delta H_{f\,(H_2O)}^0 = -286 \ \ KJ/mol$$

$$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O \qquad \Delta H_{C\,(H_2)}^0 = -286 \ \ KJ/mol$$

(احتراق مول واحد) (وفرة من الاوكسجين)

٤ - ان ΔH_f^0 للعنصر الحر = صفراً لكن اذا وجد العنصر بصورة غير ثابتة فان قيمت لا تساوي صفرا حيث تعطى في السؤال كما في المثال القادم

....

$$(C, S, Fe, Al, Na) \quad (H_2, N_2, O_2, Cl_2, Br_2, I_2, F_2)$$

عناصر احادية الذرة — عناصر غازية ثنائية الذرة

مثال (1-8) يجري تفاعل الثرميت الذي يتضمن الالمنيوم واكسيد الحديد III وكما يلي

$$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \longrightarrow Al_2O_{3(s)} + 2Fe_{(L)} \qquad \Delta H_r^0 = ?\ \text{KJ/mole}$$

احسب انثالبي التفاعل القياسية لهذا التفاعل إذا علمت إن

$$\Delta H_f^0(Fe) = 12 \qquad \Delta H_f^0(Fe_2O_3) = -822 \qquad \Delta H_f^0(Al_2O_3) = -1670$$

الحل

نكتب القانون التالي

$$\Delta H_r^0 = \sum_{\text{Products}} n\,\Delta H_f^0 - \sum_{\text{Reactants}} n\,\Delta H_f^0$$

$$\Delta H_r^0 = [(-1670) + 2(12)] - [2(0) + (-822)]$$

$$\Delta H_r^0 = [-1670 + 24] - [-822]$$

$$\Delta H_r^0 = [-1646] + 822$$

$$\Delta H_r^0 = \boxed{-824}\ \text{KJ/mol}$$

رحلة التفوق في السادس
عطاءٌ بلا حدود A. M. Z

سؤال وزاري 2013 الدور الاول

احسب انثالبية التكوين القياسية ΔH_f^0 لغاز CO اذا علمت ان حرارة تفكك CO_2 هي +394 KJ/mole و ان حرارة التفاعل الاتي

$$CO + 1/2O_2 \rightarrow CO_2 \qquad \Delta H_r^0 = -283$$

الحل

$$CO \quad + \quad 1/2O_2 \quad \rightarrow \quad CO_2 \qquad \Delta H_r^0 = -283$$

$\Delta H_f^0 = ?$ (CO) $\quad \Delta H_f^0 = 0$ (O_2) لأنه عنصر حر $\quad \Delta H_f^0 = -394$ (CO_2) عكس حرارة التفكك له

$$\Delta H_r^0 = [\Delta H_f^0 CO_2] - [X + 1/2(O)]$$

$$-283 = [-394] - [X]$$

$$X = -394 + 283$$

$$X = -111 \quad \text{KJ/mole}$$

-394
+283
-111

سؤال (1-26) احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب HPO_3 اذا اعطيت المعلومات الاتية :-

$$\underset{\Delta H_f^0=-2984}{\underset{(s)}{P_4O_{10}}} + 4\underset{\Delta H_f^0=-174}{\underset{(\ell)}{HNO_3}} \rightarrow 4\underset{\Delta H_f^0=?}{\underset{(\ell)}{HPO_3}} + 2\underset{\Delta H_f^0=-43}{\underset{(g)}{N_2O_5}} \qquad \Delta H_r^0 = -180$$

الحل

$$\Delta H_r^0 = \sum n \underset{\text{Produts}}{\Delta H_f^0} - \sum n \underset{\text{Reactants}}{\Delta H_f^0}$$

نواتج متفاعلات

$$\Delta H_r^0 = [4X + 2(-43)] - [(-2984) + 4(-174)]$$

$$-180 = [4X + (-86)] - [-2984 - 696]$$

$$-180 = [4X - 86] - [-3680]$$

$$-180 = 4X - 86 + 3680$$

$$-180 = 4X + 3594$$

$$4X = -3594 - 180$$

$$4X = -3774$$

$$X = \frac{-3774}{4}$$

$$X = \boxed{-943.5} \text{ KJ/mol}$$

943.5
4 | 3774
36
17
16
14
12
20
20

تمرين (1-9) يحترق البنزين C_6H_6 في الهواء ليعطي ثاني اوكسيد الكاربون وبخار الماء السائل احسب $\Delta H_r^0 = ?$ لهذا التفاعل اذا علمت ان $\Delta H_f^0(C_6H_6) = 49$ ولـ $\Delta H_f^0(H_20) = -286$ و $\Delta H_f^0(CO_2) = -394$

الحل نكتب معادلة التفاعل وتتضمن احتراق مول واحد من البنزين بوجود الاوكسجين وناتج الاحتراق هو

$$C_6H_6 + 15/2O_2 \rightarrow 6CO_2 + 3H_2O \qquad \Delta H_r^0 = ?$$

$$\Delta H_r^0 = [6(-394) + 3(-286)] - [1 \times 49 + 0]$$

$$\Delta H_r^0 = [-2364 - 858] - [49]$$

$$\Delta H_r^0 = -3222 - 49$$

$$\Delta H_r^0 = \boxed{-3271} \text{ KJ/mloe}$$

سؤال خارجي يبعث كحول الاثيلي عند احتراقه وهو بالحالة السائلة طاقة مقدارها 1370 KJ/mole جد حرارة تكوينية القياسية اذا علمت ان $\Delta H_f^0 CO_2 = -393.5$ $\Delta H_f^0 H_2O = -286$

الحل

$$C_2H_5OH + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O \qquad \Delta H_r^0 = \boxed{-}1370$$

$$\Delta H_f^0 = ? \quad \Delta H_f^0 = 0 \quad \Delta H_f^0 = -393.5 \quad \Delta H_f^0 = -286$$

انبعاث

$$-1370 = [2(-393.5) + 3(-286)] - [X + 0]$$

$$-1370 = [-787 - 858] - [X]$$

$$-1370 = -1645 - X$$

$$X = -1645 + 1370$$

$$X = -275 \qquad \text{KJ/mole}$$

سؤال خارجي

احسب ΔH^o_C للايثان علما ان ΔH^o لتفككه $= 86$ KJ/mole وان ΔH^o_C لـ $H_2 = -286$ وكذلك ΔH^o لتفكك $CO_2 = +394$

الحل

$$C_2H_6 + \tfrac{7}{2}O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O \qquad \Delta H^0_C = ?$$

$$\Delta H = \Delta H^0_f \qquad \Delta H^0_{f(H_2O)} = \Delta H^0_{C(H_2O)}$$

$$\Delta H^0_f = -86 \qquad \Delta H^0_f = -394 \qquad \Delta H^0_f = -286$$

عكس إشارة التفكك — عكس إشارة التفكك — احتراق الهيدروجين يساوي تكوين الماء

$$\Delta H^0_C = \sum n\ \Delta H^0_f \ (\text{Products}) - \sum n\ \Delta H^0_f \ (\text{Reactants})$$

$$\Delta H^0_C = [2(-394) + 3(-286)] - [-86 + 0]$$

$$\Delta H^0_C = -858 - 788 + 86$$

$$\Delta H^0_C = -1646 + 86$$

$$\Delta H^0_C = -1560 \quad \text{KJ/mole}$$

رحلة التفوق في السادس
عطاءٌ بلا حدود
A. M. Z

سؤال واجب

اذا علمت ان ΔH^0_C للاثلين C_2H_4 تساوي -1400 KJ/mole احسب حرارة تفكك الاثلين علما ان ΔH^0_f للماء و CO_2 هي على التوالي (-286) (-394) KJ/mole

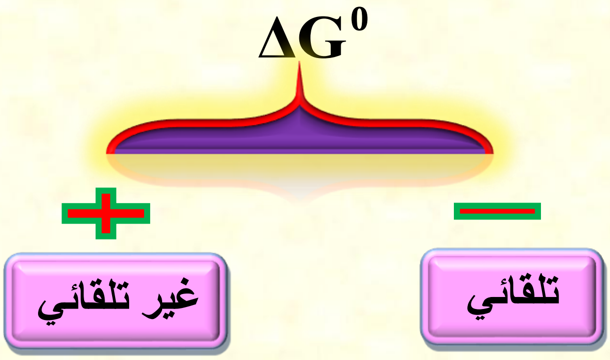
جواب -40 KJ/mol

العملية التلقائية :- وهي اي عملية فيزيائية او كيميائية تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير اي عامل خارجي

التفاعل التلقائي :- هو التفاعل الذي يحدث من تلقاء نفسة عند ظروف معينة من درجة الحرارة وضغط او تركيز

هنالك بعض العلميات التلقائية الفيزيائية والكيميائية وهي :-

١- سقوط الماء من اعلى الشلال والعكس لا يمكن .
٢- انتقال الحرارة من الجسم الحار الى الجسم البارد والعكس لا يمكن
٣- ذوبان قطعة السكر في كوب الشاي والعكس لا يمكن
٤- انجماد الماء تحت درجة الصفر السليزي وينصهر الماء فوق الصفر السليزي في ضغط 1 atm
٥- يصدا الحديد تلقائيا عندما يتعرض للأوكسجين والماء
٦- تتفاعل قطعة من الديوم بشدة مع الماء مكونة Oal H_2H
٧- تمدد الغاز تلقائيا في اناء مفرغ من الهواء ولكن تجمع جزئيات الغاز جميعها في وعاء واحد يعد عملية غير تلقائية



ملاحظة :- الامثلة أعلاه تجري تلقائيا باتجاه معين ولكنها لا تجري بشكل تلقائي بالاتجاه المعاكس في ظل الظروف نفسها .

س / ماهو سبب الذي يجعل هذه العمليات تلقائية ؟
ج / لان يرافقها انخفاض في طاقة النظام الكلية (طاقة اقل أكثر استقرارا) اي ان الطاقة النهائية اقل من الطاقة الابتدائية . وهذا يوضح لماذا تنتقل الحرارة من الجسم الساخن الى الجسم البارد .

س / هل يكون التفاعل التلقائي دائما باعث للحرارة ؟
ج / لا يمكن تعميم هذا الافتراض بسبب ان هنالك بعض التغيرات الفيزيائية والكيميائية ماصة للحرارة مثل ذوبان كلوريد الامونيوم في الماء وتفكك اوكسيد الزئبق وانصهار الجليد وتبخر الماء كلها تفاعلات تلقائية ماصة للحرارة

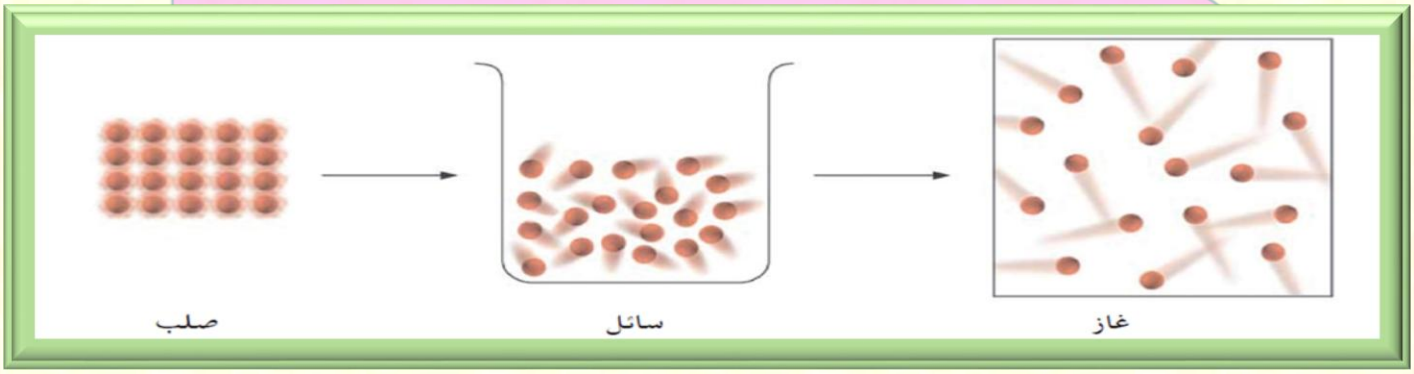
الانتروبي :- Entropy

وهي دالة حالة ثرموداينميكية تمثل تحول المادة من حالة انتظام الى حالة لا انتظام (أي انها مقياس للعشوائية) ويرمز لها بـ (S) وكلما كان النظام أكثر عشوائية (اي تحول من انتظام الى لا انتظام) كانت الانتروبي عالية والعكس تكون الانتروبي صغيرة

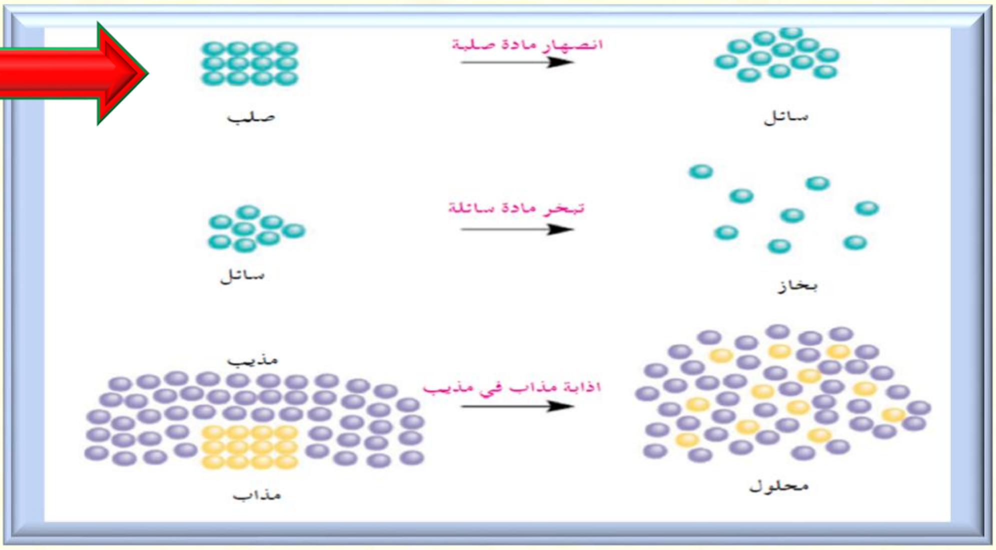
التغيير في الانتروبي :- (ΔS)

ان جميع التفاعلات الكيميائية والتحولات الفيزيائية التي اجرينها سابقا بشكل تلقائي يرافقها دائما زيادة في العشوائية (زيادة في الانتروبي) $\Delta S = S_f - S_i$
وبشكل عام فان انتروبي الحالة الغازية اكبر من انتروبي الحالة السائلة والتي بدورها تكون اكبر من انتروبي الصلب ، الحالات التي يصاحبها زيادة في العشوائية

$$\Delta S < \Delta S < \Delta S$$



زيادة في العشوائية
زيادة في الانتروبي



يوضح الشكل بعض العمليات التي يصاحبها زيادة في الانتروبي.

ان جميع التفاعلات الكيميائية والتحولات الفيزيائية التلقائية يصاحبها زيادة في قيمة الانتروبي (زيادة في اللاانتظام) هذه الزيادة في الانتروبي (تحدث نتيجة طاقة التشتت)

الحالات التي يصاحبها زيادة في الانتروبي (زيادة في العشوائية) .

1 ـ ذوبان المواد الصلبة في السائل مثل ذوبان كلوريد الامونيوم الصلب في الماء .
2 ـ تبخر السائل مثل تبخر الماء السائل الى بخار .
3 ـ انصهار المادة الصلبة مثل انصهار الجليد .

س/ تقود عملية الانصهار الى زيادة في الانتروبي ؟

الحل :- لان الذرات او الجزيئات عند الانصهار تبدأ بالحركة خارج الشبكة البلورية بعد ان كانت محصورا في مواقع ثابتة مما يزيد من عشوائيتها لذا يحدث انتقال في طور من الانتظام الى اللاانتظام يصاحبه زيادة في الانتروبي

س/ تقود عملية التبخر الى زيادة في الانتروبي ؟

الحل :- في عملية التبخر تكون الذرات او الجزيئات في الحالة السائلة في حالة تجاذب قوى ومنتظمة بنظام هيكلي وعند التبخر فأنها تتحرك خارج النظام الهيكلي للماء مما يزيد من عشوائيتها لذا يحدث انتقال من الانتظام الى اللاانتظام يصاحبه زيادة في الانتروبي

س/ ان الانتروبي في عملية التبخر اكبر من تلك التي في عملية الانصهار ؟

الحل:- لان الذرات او الجزيئات في الطور الغازي تنتشر بشكل عشوائي لملئ فراغات جميع الحيز الذي تتواجد فيه

س/ تقود العمليات التي تجرى في المحلول دائما الى زيادة في الانتروبي ؟

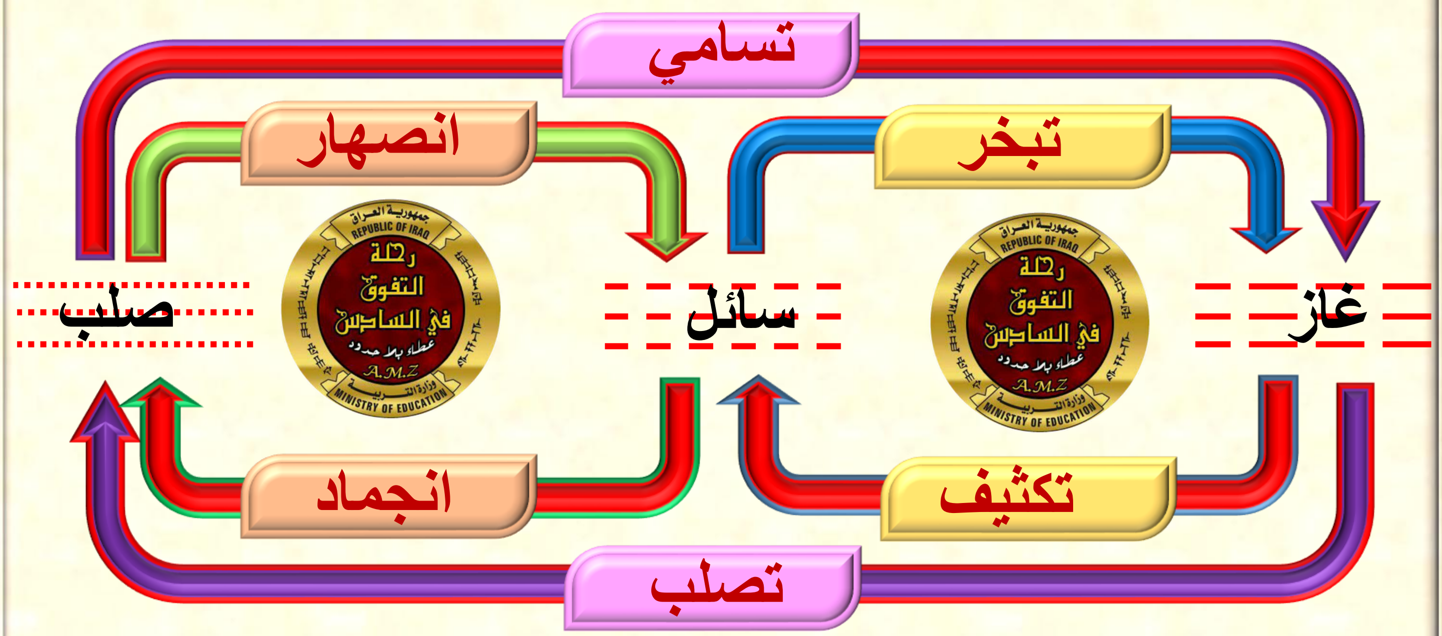
الحل:- عند ذوبان المادة الصلبة (السكر مثلا) في الماء ينكسر النظام الهيكلي المنتظم لها (المذاب) وكذلك جزء من الانتظام الهيكلي للماء (المذيب) وعليه سيكون للمحلول لا انتظام اكثر مما للمذيب النقي والمذاب النقي معا

س/ عند اذابة مادة صلبة ايونية فالزيادة تحصل نتيجة عاملين ما هما ؟

الحل :-

(١) عملية تكوين المحلول (خليط المذاب مع المذيب)
(٢) تفكك المركب الصلب الى الايونات

المخطط



الحالة	ΔS	ΔH
انصهار	+	+
تبخر	+	+
تسامي	+	+
تكثيف	−	−
انجماد	−	−
تصلب	−	−

بعض الامثلة الخاصة في الانتروبي

سؤال :- تنبأ اذا كان التغير في الانتروبي ΔS اكبر او اقل من الصفر للعمليات الاتية :-

أ ـ تجميد كحول الاثيلي :-

ان تحول كحول الاثيلي السائل الى حالة الصلبة (انجماد) يعني تحول من لا انتظام الى انتظام
$\therefore \Delta S \prec$ صفر (-) سالبة

ب ـ تبخر سائل البروم :-

يتحول سائل البروم في عملية التبخر الى حالة الغازية وهذا يعني تحول المادة من حالة انتظام الى لا انتظام $\therefore \Delta S \succ$ صفر (+) موجبة

ج ـ ذوبان الكلوكوز في الماء :-

إن عملية ذوبان الصلب (الكلوكوز) يعني تحولها الى محلول مائي أكثر عشوائية أي تحولها من انتظام الى لا انتظام $\therefore \Delta S \succ$ صفر (+) موجبة

د ـ تبريد غاز النتروجين من $80\ C^0$ الى $20\ C^0$:-

يتحول غاز النتروجين من $80\ C^0$ وهي درجة حرارة اعلى من $20\ C^0$ يعني حركة الجزيئات أكثر عشوائية بسبب ارتفاع درجة الحرارة حيث يتحول الى درجة منخفضة تقل عشوائية وهذا يعني تحول غاز N_2 من لا انتظام الى انتظام $\therefore \Delta S \prec$ صفر (-) سالبة

حساب الانتروبي القياسية للتفاعلات الكيميائية

$$\Delta S_r^0 = \sum nS^0 \quad - \quad \sum nS^0$$

Produts — النواتج

Reactants — المتفاعلات

ملاحظة

١ـ ان الانتروبي محسوبة بالظروف القياسية أي تحت ضغط 1 atm ودرجة حرارة $25\ C^0$ وان وحداتها محسوبة بـ (j/K.mol)

٢ـ تعطى الانتروبي لجميع المواد سواء كانت مركبات او عناصر

سؤال (1-11)

احسب ΔS_r^0 لتفاعل $4Fe_{(g)} + 3O_{2(g)} \rightarrow 2Fe_2O_{3(S)}$

عند $25\ C^0$ وضغط 1 atm اذا علمت $S^0(Fe_2O_3) = 87\ J/k.mole$ و

$S^0(O_2) = 205\ J/k.mole$ و $S^0(Fe) = 27\ J/k.mole$

الحل

$$\underset{(27)}{4Fe} + \underset{(205)}{3O_2} \rightarrow \underset{(87)}{2Fe_2O_3} \qquad \Delta S_r^0 = ?$$

$$\Delta S_r^0 = [2(87)] - [4(27) + 3(205)]$$

$$\Delta S_r^0 = [174] - [108 + 615]$$

$$\Delta S_r^0 = 174 - 723$$

$$\Delta S_r^0 = \boxed{-549}\ J/K.mol$$

سؤال (1-33)

اذا علمت ان قيمة ΔS_r^0 للتفاعل الاتي $3O_{2(g)} \rightarrow 2O_{3(g)}$ تساوي

$137\ J/K.mole$ عند درجة حرارة $25\ C^0$ وضغط 1 atm وان قيمة

$S^0(O_2) = 205\ J/k.mole$ فما قيمة S^0 للأوزون O_3

الحل

$$\underset{S^0=?}{2O_3} \rightarrow \underset{205}{3O_2} \qquad \Delta S_r^0 = 137\ J/K.mol$$

$$\Delta S_r^0 = [3(205)] - [2X]$$

$$137 = 615 - 2X$$

$$2X = 615 - 137$$

$$2X = 478$$

$$X = \frac{478}{2} \Rightarrow X = 239\ J/K.mol$$

طاقة كبس الحرة (ΔG)

هنالك علاقة وضعها العالم كبس تربط بين الانتروبي ΔS والانثالبي (ΔH) وهي :-

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

الطاقة ΔG الحرة:

- (+) موجبة اكبر من الصفر التفاعل الكيميائي او التغيير الفيزيائي (غير تلقائي)
- (-) سالبة اصغر من الصفر التفاعل الكيميائي او التغيير الفيزيائي (تلقائي)
- (0) يساوي صفراً حالة اتزان

طاقة كبس الحرة القياسية (ΔG^0_r) :- تمثل التغيير في طاقة كبس للتفاعل عندما يجري بظروف قياسية أي تحت ضغط 1 atm ودرجة $25C^0$ ويمكن ايجاد قيم طاقة كبس الحرة للتفاعل القياسي ΔG^0_r بمعادلة تشبة معادلة انثالبي التفاعل القياسية (ΔH^0_r) وكما يلي :-

$$\Delta G^0_r = \sum n\ \Delta G^0_f\ (Products) \quad - \quad \sum n\ \Delta G^0_f\ (Reactants)$$

ملاحظات

1- ان وحدة ΔG^0_r هي بكيلو جول دائما

2- ممكن ايجاد ΔG^0_r من انثالبيات التكوين للمركبات الموجودة في معادلة التفاعل ولكن ΔG^0_f للعنصر الحر = صفراً دائما

3- اذا كانت صيغة السؤال ايجاد ΔG^0 ولم يعطي ΔG^0_f للمركبات الموجودة في المعادلة حيث يمكن ايجادها بطريقة اخرى وهي علاقة كبس $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$ حيث يعطى لنا ΔH^0 ويعطى ΔS بوحدات الجول لذلك يجب تقسيمها على (1000) لتحويلها الى وحدات الكليو جول اما بالنسبة الى درجة الحرارة فهي ثابتة بوحدات الكلفن وايجادها بطريقة $T_K = 25 + 273$ وتساوي 298 K

4- عندما يطلب ايجاد ΔG^0 يسأل هل التفاعل تلقائي ام غير تلقائي وللإجابة على هذا السؤال ؟ نلاحظ اشارة فيه ΔG^0 اذا كانت سالبة فان التفاعل تلقائي واذا كانت موجبه التفاعل غير تلقائي

سؤال خارجي

احسب ΔG^0_r لتفاعلات التالية عند $25\ C^0$ وضغط 1 atm وتنبأ بتلقائية التفاعل من عدمه

1- $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$ $\quad \Delta G^0_r = ?$

$\Delta G^0_f = 0 \quad \Delta G^0_f = 0 \quad \Delta G^0_f = 87$

2- $H_2O_{(\ell)} \rightarrow H_2O_{(g)}$ $\quad \Delta G^0_r = ?$

(ℓ) -237 $\quad (g)$ -229

3- $2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \rightarrow 4CO_{2(g)} + 2H_2O_{(\ell)}$ $\quad \Delta G^0_r = ?$

209 $\quad$ 0 $\quad$ -394 $\quad$ -237

الحل

$$1-\quad \Delta G^0_r = [2(87)] - [0+0]$$

$$\Delta G^0_r = [174] - [0]$$

$$\Delta G^0_r = \boxed{174}\ KJ/mloe$$

التفاعل غير تلقائى لانه موجب

$$2-\quad \Delta G^0_r = [-229] - [-237]$$

$$\Delta G^0_r = -229 + 237$$

+287
-229
8

$$\Delta G^0_r = \boxed{8}\ KJ/mloe$$

التفاعل غير تلقائى لانه موجب

$$3-\quad \Delta G^0_r = [4(-394) + 2(-237)] - [2(209) + 5(0)]$$

الباقي واجب .... وغير مسموح الخطأ

$$\Delta G^0_r = \boxed{-2468}\ KJ/mol$$

التفاعل تلقائى لانه سالب

تطبيقات معادلة كبس واتجاه سير التفاعلات الكيميائية $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

يتضمن التغير في ΔG حسب معادلة كبس عاملين هما :-

أ ـ الانثالبي ΔH
- باعث (-)
- ماص (+)

ب ـ الانتروبي ΔS
- من لا انتظام الى انتظام (-)
- من انتظام الى لا انتظام (+)

علما إن ΔS تتأثر بسالب الموجود في علاقة كبس

$$-T(-\Delta S) = \boxed{+}$$ او $$-T(+\Delta S) = \boxed{-}$$

وبشكل عام أشاره كل من ΔH و ΔS تؤثر على قيمة أشاره ΔG بالمعطيات الأربعة :-

ت	ΔH	$-T(\Delta S)$	ΔG	مثال
١-	+	$\boxed{-} = (- \times +)$ من القانون	يجري التفاعل تلقائي عند درجات الحرارة العالية أي نجعل قيمة $T\Delta S$ كبيرة وهي سالبة فان التفاعل تلقائي وعند انخفاض درجة الحرارة يكون تلقائي باتجاه الخلفي	تفكك ماص $2HgO_{(s)} \longrightarrow 2Hg_{(\ell)} + O_{2(g)}$ من النظام الى عشوائية $\Delta S+$
٢-	+	$\boxed{+} = (- \times -)$ من القانون	تكون ΔG دائما موجبة ويكون غير تلقائي في جميع درجات الحرارة ويكون تلقائي باتجاه الخلفي عند درجات الحرارة جميعا	تفكك ماص $3O_{2(g)} \rightarrow 2O_{3(g)}$ نحو الانتظام $-\Delta S$
٣-	−	$\boxed{-} = (- \times +)$ من القانون	ΔG دائما سالبة أي ان التفاعل دائما تلقائي في جميع درجات الحرارة	باعث $2H_2O_{2(\ell)} \rightarrow 2H_2O_{(\ell)} + O_{2(g)}$ $(+)\Delta S$ نحو العشوائية
٤-	−	$\boxed{+} = (- \times -)$ من القانون	يجري التفاعل تلقائي عند درجة الحرارة المنخفضة لتصبح ΔH اكبر من $T\Delta S$ ويكون تلقائي باتجاه الخلفي عند رفع درجة الحرارة (اي بالعكس)	اتحاد باعث $NH_3 + HCl \longrightarrow NH_4Cl$ $-=\Delta S$ نحو الانتظام

سؤال خارجي

التفاعل الأتي الماص للحرارة وضح بموجب علاقة كبس . متى يكون التفاعل تلقائيا

$$NH_4Cl_{(s)} \rightarrow HCl_{(g)} + NH_{3(g)}$$

الحل

$\Delta H = +$ لأنه ماص

$\Delta S = +$ لأن التحول نحو العشوائية

$$\Delta G^0 = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G^0 = + \quad - \quad +$$

$$\Delta G^0 = +\ /\ -$$

يكون تلقائي عند تسخين أي رفع درجة الحرارة لكي تصبح قيمة $\Delta H < T\Delta S$ لكي يكون تلقائي (—)

سؤال خارجي

التفاعل الاتي ماص للحرارة ناقش بموجب علاقة كبس متى يكون التفاعل غير تلقائي

$$2NH_{3(g)} \rightarrow N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$$

الحل

$\Delta H = +$ لأنه ماص

$\Delta S = +$ لأن التحول نحو العشوائية

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S$$

$$\Delta G^0 = + \quad - \quad +$$

$$\Delta G^0 = +\ /\ -$$

يكون تبريد التفاعل أي (خفض درجة الحرارة) لكي تصبح قيمة $\Delta H > T\Delta S$ فيكون التفاعل غير تلقائي (+)

سؤال خارجي

يذوب حامض الكبرتيك في درجات الحرارة الاعتيادية تلقائيا ويصاحب ذلك سخونة المحلول . هل يذوب الحامض في الماء المثلج ناقش ذلك بموجب علاقة كبس

الحل

$\Delta H = +$ لأنه ماص

$\Delta S = +$ لأن التحول نحو العشوائية

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S$$

$$\Delta G^0 = - \quad - \quad +$$

$$\Delta G^0 = -\ /\ -$$

يكون تلقائي عند تسخين أي رفع درجة الحرارة لكي تصبح قيمة $\Delta H < T\Delta S$ لكي يكون تلقائي (—)

$$\Delta G^0 = -\ /\ -$$

سؤال خارجي متى يكون التفاعل الماص للحرارة تلقائي . وضح ذلك بموجب علاقة كبس

الحل

$\Delta H = +$ لأنه ماص

$\Delta G^0 = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta S = +$ يجب ان تكون موجبة لكن بشرط رفع درجة الحرارة لكمي تصبح فيه $\Delta H < T\Delta S$

$\Delta G^0 = + / -$

$\Delta G^0 = -$

لو فرضنا $\Delta S = -$ يظهر فيها التفاعل غير تلقائي في جميع الظروف

سؤال واجب متى يكون التفاعل الباعث للحرارة غير تلقائي ناقش ذلك بموجب قاعدة كبس:-

سؤال واجب أيهما يحدث تلقائيا ذوبان غاز CO_2 في الماء الساخن ام الماء البارد ؟

$H_2O + CO_2 \rightleftharpoons H_2CO_3 \qquad \Delta H = -$

حسابات ΔG_r^0

$\Delta S_r^0 = \sum nS^0 - \sum nS^0$

$$\Delta G_r^0 = \Delta H_r^0 - T\Delta S_r^0$$

KJ/mol — طريقة المعادلات — طريقة ΔH_r^0 — 298

القانون أعلاه يتعامل بالوحدات الكبيرة

تمرين (1 - 14)

إذا كان لدينا التفاعل الأتي :

$HCOOH_{(l)} \longrightarrow CO_{(g)} + H_2O_{(l)}$ فإذا كانت قيمة ΔH^o_r للتفاعل تساوي 16 kJ / mol والتغير في الانتروبي ΔS^o_r يساوي 234 J/k. mol احسب قيمة التغير في الطاقة الحرة القياسية للتفاعل عند الظروف القياسية $25\ ^0C$ وضغط 1atm .
وهل التفاعل تلقائي أم لا ؟

الحل

$$\Delta G^0_r = \Delta H^0_f - 298\ \Delta S^0$$

نّحول وحدات ΔS^0_r الى KJ/mol

$$\Delta S^0_r = \frac{234}{1000} = 0.234\ \ KJ/mol$$

$$\Delta G^0_r = 16 - 298 \times 0.234$$

$$\Delta G^0_r = 16 - 69.732$$

$$\Delta G^0_r = \boxed{-\ 53.732}\ \ KJ/mloe$$ التفاعل تلقائي

تمرين (1 - 13)

احسب ΔG^0_r للتفاعل التالي عند $25\ C^0$ و ضغط 1 atm حيث تم حساب $\Delta H^0_r = -3536$ وكذلك تم حساب $\Delta S^0_r = 374\ \ J$

$$\Delta G^0_r = ? \qquad C_5H_{12} + 8O_2 \longrightarrow 5CO_2 + 6H_2O$$

الحل

يمكن إيجاد ΔG^0_r من علاقة كبس لان المعلومات السؤال تدل على ذالك من خلال قيم ΔH و ΔS اما درجة الحرارة فهي واضحة

$$T_K = C^0 + 273 \Rightarrow T_K = 25 + 273 = 298\ \ K$$

$$\Delta G^0_r = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G^0_r = -3536 - 298 \times 0.374$$

$$\Delta G^0_r = -3536 - 111.552$$

$$\Delta G^0_r = -3647.5 \qquad KJ/mol$$ التفاعل تلقائي لان اشارة ΔG سالبة

حساب انتروبي التغيرات الفيزيائية

تعلمت في فقرات سابقة ان انثالبي التبخر ΔH_{VaP} هو تحول المادة من الحالة السائلة الى حالة الغازية (البخار) عند درجة حرارة تسمى بدرجة الغليان T_b (boiling) وان انثالبي الانصهار ΔH_{fus} هو تحول المادة من الحالة الصلبة الى الحالة السائلة بدرجة حرارة تسمى حرارة الانصهار T_m (melting) حيث ان درجة حرارة الانصهار ودرجة حرارة الغليان هما درجتان حراريتان (يحدث عندهما اتزان بين ضغط بخار الماء الصلب او السائل مع الضغط الجوي) وهذا يعني ان قيمة ΔG عند هذه الدرجات بالتحديد تساوي صفراً . لذلك تصبح علاقة كبس كما يلي :-

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$0 = \Delta H - T\Delta S$$

$$T\Delta S = \Delta H$$

ومنها نحصل على

للانصهار

$$\Delta S_{fus} = \frac{\Delta H_{fus}}{T_m}$$

للتبخر

$$\Delta S_{vap} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$$

ملاحظات

١- يعتبر تحول المادة من الحالة الصلبة الى الحالة الغازية بعملية التسامي (Sublimation)

$$\Delta H_{Sub} = \Delta H_{fus} + \Delta H_{vap}$$

التسامي — انصهار — تبخر

٢- درجة غليان الماء $T_b = 100C^0$ أي $373\ K$ وان درجة انصهاره $Tm = 0C^0$ أي $373\ K$

قد لا تعطى للطالب .... او الطالبة

علاقة تروتن

لاحظ العالم تروتن ان قيمة الانتروبي لأغلب السوائل هي قيمة ثابتة ويستفاد من هذه العلاقة لحساب انثالبي التبخر لسوائل من معرفة درجة غليانها:-

$$\Delta S_{Vap} = 85 \quad J/K.mole$$

حيث تطبق هذه المعادلة لحساب انثالبيات التبخر للسوائل بشرط حدوث حالة الاتزان اي ان $\Delta G =$ صفرا بحث تصبح علاقة كبس كالاتي :- قيمتها 85 للسوائل حفظ

$$\Delta H_{vap} = \Delta S_{vap} * T_b$$

مثال (1-13)

احسب ΔH_{Vap} للهكسان بوحدات KJ اذا علمت ان درجة غليان الهكسان = $69 \; C^0$

الحل

نستخدم علاقة تروتن

$$T_K = 69 + 273$$

$$T_K = 342 \; K^0$$

$$\Delta H_{Vap} = \Delta S \times T$$

$$\Delta H_{Vap} = 85 \; J/K.mole \times 342$$

$$\Delta H_{Vap} = 29070 \; J/mole$$

دائما وحدات ΔH بكيلو جول لذلك نلجأ الى تحويل وحدات الجول القادمة من ΔS الى الكيلو جول بالقسمة على 1000

$$\Delta H_{Vap} = \frac{29070}{1000}$$

$$\Delta H_{Vap} = 29 \; KJ/mole$$

تمرين (1-15)

احسب التغيير في الانتروبي للتحول الفيزيائي التالي :-

$$H_2O_{\ell} \rightleftharpoons H_2O_{g}$$

$\Delta H_{Vap} = 44$ عند درجة غليان الماء $100 \; C^0$

الحل

$$T_K = 100 + 273$$

$$T_K = 373 \; K^0$$

$$\Delta S_{Vap} = \frac{\Delta H_{Vap}}{T_b}$$

$$\Delta S_{Vap} = \frac{44}{373}$$

$$\Delta S = 0.118 \; KJ/mol$$

هنا يجب تحويل وحدات ΔH وهي بكيلو جول الى وحدات ΔS وهي بـ جول لذلك نضرب في 1000

$$\Delta S = 0.118 \times 1000$$

$$\Delta S = 118 \; J/K.mol$$

مختصر الفصل الأول الثرموداينمك

$$q_P = \Delta H$$

كمية الحرارة المنبعثة في المسعر (q_P) KJ

$$q_P = -\,s \times m \times \Delta T$$

منبعثة

$$n = \frac{m}{M}$$

- n: عدد مولات المادة والمطلوب معرفة كمية الحرارة المنبعثة منها
- m: موجودة في السؤال
- M: موجودة في السؤال او يمكن حسابها من الكتل الذرية

ΔH (KJ):

1- غير مباشر: يمكن حسابها من مجموع انثالبيات لمعادلات ثانوية تابعة للمعادلة الاصلية (قانون هيس)

2 - مباشر:

$$\sum n\,\Delta H^0_f{}_{(P)} - \sum n\,\Delta H^0_f{}_{(R)}$$

- P: للمواد الموجودة في ناتج المعادلة الكيميائية
- R: للمواد الموجودة في متفاعلات المعادلة الكيميائية

بحيث للعناصر الموجودة في التفاعل تساوي صفرا وهي بأثبت صورها

أنواع الانثالبيات المصاحبة للتفاعلات الكيميائية الباعثة −

او الممتصة + والمحسوبة في STP ← $25\ C^0$ $1\ atm$

$$\Delta H^0_r$$

1 انثالبي التكوين (دائما باعث −)

ΔH^0_f

معادلة التكوين

$$H_2 + S + 2O_2 \rightarrow 1H_2SO_4$$

- عناصر أولية معينة بأثبت صورها
- مول واحد

مول واحد من الناتج

2 انثالبي الاحتراق (دائما باعث −)

ΔH^0_C

معادلة الاحتراق

وفرة من الاوكسجين

$$C_6H_6 + \frac{15}{2}O_2 \rightarrow 6CO_2 + 3H_2O$$

- مول واحد
- ناتج المركب العضوي دائما

مول واحد من المواد المحترقة

3 انثالبي التفكك (دائما ممتصة +)

ΔH^0

معادلة التفكك عكس التكوين

$$H_2SO_4 \rightarrow H_2 + S + 2O_2$$

- مول واحد
- عناصر أولية

وبعكس إشارة انثالبي ΔH^0_f

مول واحد من المتفكك

4 ΔH^0 التغيرات الفيزيائية

− او +

تبخر +

$$H_2O_{(L)} \rightarrow H_2O_{(g)}$$

تكثيف −

$$H_2O_{(g)} \rightarrow H_2O_{(L)}$$

انصهار +

$$H_2O_{(S)} \rightarrow H_2O_{(L)}$$

انجماد −

$$H_2O_{(L)} \rightarrow H_2O_{(S)}$$

مول واحد في جميع التغيرات

العمليات التلقائية ومفهوم كبس

انتروبي التفاعل 298 K درجة الحرارة

انثالبي التفاعل

$$\Delta G_r^0 = \Delta H_r^0 - T\Delta S_r^0$$

ايجادها من

$$\sum n\Delta G_f^0{}_{P} - \sum n\Delta G_f^0{}_{R}$$

ايجادها من

$$\sum n\Delta S^0_{P} - \sum n\Delta S^0_{R}$$

تعطى لجميع المواد (عناصر ومركبات) وبعد ايجاده يتم تحويلها الى وحدات KJ

مباشرة

$$\sum n\Delta H_f^0{}_{P} - \sum n\Delta H_f^0{}_{R}$$

للعناصر الحرة = 0 في STP

غير مباشرة من قانون هيس

عند Tm درجة الانصهار و Tp درجة الغليان عندها تكون حالة الاتزان أي $\Delta G = 0$

$$T\Delta S = \Delta H_{KJ}$$

علاقة تروتن 85 J/K.mol ← يتم تحويلها الى وحدات KJ

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

ΔH: + ماص او − باعث

$T\Delta S$: + عشوائي او − انتظام

$\Delta G =$ نأخذ إشارة الكبير ← حسب معادلة التفاعل الكيميائي او التغير الفيزيائي يحدث تلقائي او لا يحدث

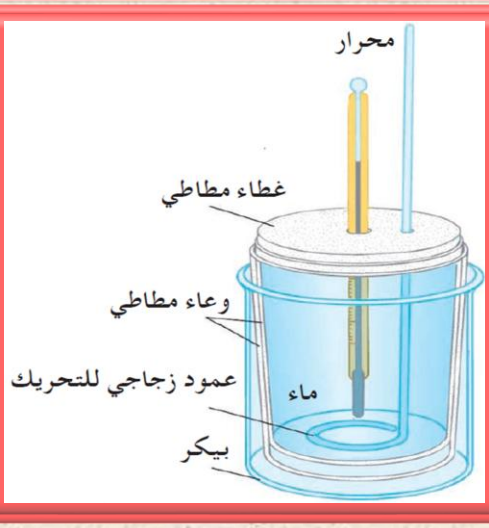
ΔG: + غير تلقائي او − تلقائي

ومن خلال هذه العلاقة يمكن حساب درجة الحرارة ليصبح فيها التفاعل او التغير تلقائي او غير تلقائي حسب المطلوب في السؤال من معرفة $\Delta S, \Delta H$

حل أسئلة الفصل الأول

سؤال (1-8) صف المسعر الحراري الذي تتم بواسطته قياس الحرارة الممتصة او المنبعثة عند ثبوت الضغط (q_p) اي الانثالبي (ΔH)

الحل **المسعر (Calorimeter)** هو جهاز يستخدم لقياس حرارة التفاعل (انثالبي التفاعل) ممتصة او منبعثة في التفاعلات الكيميائية عند ثبوت الضغط حيث يتكون من وعاء للتفاعل مغمور في كمية معينة من الماء (معروفة الكتلة) موجودة في وعاء معزول عزلا جيدا كما في الشكل التالي وبما ان الحرارة المتحررة من التفاعل ترفع درجة حرارة الماء والمسعر لذا يمكن قياس كميتها من الزيادة في درجة الحرارة اذا كانت السعة الحرارية للمسعر ومحتوياته معروفة



سؤال (1-9) قطعة من الفضة كتلتها $360\ g$ وسعتها الحرارية $86\ J/C^0$ احسب حرارتها النوعية

الحل

السعة الحرارية = الحرارة النوعية X الكتلة

$$C = ς \times m$$

$$\therefore ς = \frac{C}{m} \Rightarrow \frac{86\ J/C^0}{360\ g} = 0.24\quad J/g.C^0$$

سؤال (1-11) احسب كمية الحرارة المنبعثة بوحدات KJ من $350\ g$ زئبق عند تبريدها من $77\ C^0$ الى $12\ C^0$ اذا علمت ان الحرارة النوعية للزئبق (0.14)

الحل

$$\Delta T = T_2 - T_2$$

$$\Delta T = 12 - 77$$

$$\Delta T = -65$$

$$q = ς \times m \times \Delta T$$

$$q = 0.14 \times 350 \times -65$$

$$q = 1.4 \times 35 \times -65$$

$$q = -3185\quad J \Rightarrow q = \frac{-3185}{1000} \Rightarrow -3.185 \simeq -3.2\quad KJ$$

سؤال (12-1) واجب عليكم

سؤال (13-1) سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155 g من درجة حرارة $25\ C^0$ الى $40\ C^0$ ما ادى الى امتصاص حرارة مقدارها 5700 J احسب الحرارة النوعية لتلك المادة

الحل

$$\Delta T = T_2 - T_2$$

$$\Delta T = 40 - 25$$

$$\Delta T = 15\ C^0$$

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T$$

$$\varsigma = \frac{q}{m \times \Delta T}$$

$$\varsigma = \frac{5700\ \ J}{155 \times 15}$$

$$\varsigma = \boxed{2.45}\ \ J/g.C^0$$

سؤال (14-1) 4.5 g من حبيبات الذهب امتصت 276 J من الحرارة عند تسخينها فاذا علمت ان الحرارة الابتدائية كانت $25\ \ J/C^0$ احسب درجة الحرارة النهائية التي سخنت اليها اذا علمت ان الحرارة النوعية للذهب $0.13\ \ J/g.C^0$

الحل

$$q = \varsigma \times m \times \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{q}{\varsigma \times m} \Rightarrow \frac{276}{0.13 \times 4.5} \Rightarrow \frac{276}{0.585}$$

$$\Delta T \simeq 471.8 \qquad \because \Delta T = T_2 - T_1$$

$$\therefore T_2 = \Delta T + T_1 \Rightarrow T_2 = 471.8 + 25$$

$$T_2 = 496.8\ \ C^0$$

471.8
25.0
496.8

سؤال (15-1) جد قيمة ΔG_r^0 للتفاعل $2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)}$ الذي يجري بالظروف القياسية اذا أعطيت المعلومات الاتية :- $\Delta H_f^0(CO) = -110.5\ \ KJ/mol$

$S^0(O_2) = 205\ \ J/K.mol$ $\qquad \Delta H_f^0(CO_2) = -393.5\ \ KJ/mol$

$S^0(CO_2) = 214\ \ J/K.mol$ $\qquad S^0(CO) = 198\ \ J/K.mol$

الحل

❖ نستخرج أولا ΔH_r^0 من حرارة تكوين كل مادة موجودة في معادلة التفاعل بحيث ΔH_f^0 للعنصر الحر = صفرا

تابع الحل س 15

$$\Delta H_r^0 = [2(-393.5)] - [2(-110.5)]$$
$$\Delta H_r^0 = -787 - (-221)$$
$$\Delta H_r^0 = -787 + 221$$
$$\Delta H_r^0 = -566 \ KJ$$

رحلة التفوق في السادس

❖ ثم نستخرج قيمة ΔS_r^0 من انتروبي كل مادة موجودة في معادلة التفاعل

$$\Delta S_r^0 = [2(214)] - [2(198) + (205)]$$
$$\Delta S_r^0 = 428 - (396 + 205)$$
$$\Delta S_r^0 = 428 - 601$$
$$\Delta S_r^0 = -173 \ J/K.mol$$
$$\Delta S_{r\ KJ}^0 = 0.173 \ KJ/K.mol$$

❖ وبعد استخراج ΔS_r^0 بوحدات الجول يتم تحويلها الى وحدات الكليو جول

ليش ....

❖ والان يمكنك كتابة علاقة كبس وتعويضها لاستخراج الطاقة الحرة القياسية بحيث درجة الحرارة

$$T_K = 25 + 273$$
$$T_K = 298 \ K$$

$$\Delta G_r^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

$$\Delta G_r^0 = -566 - (298 \times (-0.173))$$
$$\Delta G_r^0 = -566 + 51.554$$
$$\Delta G_r^0 = -514.446 \ KJ$$

سؤال (16-1) عند حدوث تفاعل كيميائي في مسعر سعته الحرارية الكلية $2.4 \ KJ/C^0$ فان درجة حرارة المسعر ترتفع بمقدار $0.12 \ C^0$ احسب التغير في الانثالبي لهذا التفاعل بوحدات الجول

الحل

بما ان درجة حرارة المسعر قد ارتفعت اذن التفاعل داخل المسعر هو باعث للحرارة (-)

❖ مقدار الارتفاع يمثل ΔT هذا يعني ان

$$\Delta T = 0.12 \ C^0$$

❖ دائما كمية الحرارة تساوي انثالبي التفاعل تحت ضغط ثابت

$$q = C \times \Delta T$$
$$q = 2.4 \times 0.12$$
$$q = (-) 0.288 \ KJ$$
$$q = -0.288 \times 1000$$
$$q = -288 \ J$$
$$q_P = \Delta H \Rightarrow -288 \ J$$

سؤال (1-19) في مسعر حراري وضع 2.6 g من الاستلين $M = 26\ g/mol$ فوجد ان كمية الحرارة المنبعثة من الاحتراق = 130 KJ ، احسب انثالبية التكوين القياسية للاستلين اذا علمت ان $\Delta H_f^0(H_2O) = -286\ KJ/mol$ $\Delta H_f^0(CO_2) = -393.5\ KJ/mol$

الحل

بما ان كمية الحرارة منبعثة

اذن q = (-)

❖ نحسب كمية الحرارة لمول واحد من الاستلين

$$n = \frac{2.6}{26}$$

للاستلين $n = 0.1\ mol$

$$q = (-)\ 130\ KJ$$

$$q_{1\ mol} = \frac{-130}{0.1} = \boxed{-1300}\ KJ$$

$$\Delta H = q \Rightarrow -1300\ KJ$$

وهي تمثل الحرارة المتحررة من احتراق الاستلين

$$C_2H_2 + 5/2\ O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O \qquad \Delta H_r^0 = -1300$$

$$\Delta H_r^0 = \sum n\Delta H_f^0 - \sum n\Delta H_f^0$$

$$-1300 = [2(-393.5) + (-286)] - [X + (0)]$$

$$-1300 = -787 - 286 - X$$

$$X = 1073 + 1300$$

$$X = +227\ KJ/mol$$

سؤال (1-20) احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية $\Delta H_f^0(Al_2O_3)$ والتغير في انثالبي الاحتراق القياسية $\Delta H_C^0(Al)$ في التفاعل الآتي :

$$4Al_{(s)} + 3O2_{(g)} \rightarrow 2Al_2O3_{(s)} \quad \Delta H_r^0 = -3340\ kJ$$

الحل

لاحظ وحدات حرارة التفاعل الاعتيادية أي اجراء رياضي يتخذ على المعادلة في الحرارية يتخذ مباشرة على أنواع ΔH^0

1 ـ نقسم المعادلة العامة على رقم 2 لإيجاد ΔH_f^0 لـ Al_2O_3

$$2Al_{(s)} + 3/2\ O_{2(g)} \longrightarrow 1Al_2O_{3(s)} \qquad \Delta H_f^0 = -1670\ KJ/mol$$

2 ـ نقسم المعادلة العامة على رقم 4 لإيجاد ΔH_C^0 لـ Al

$$1Al_{(s)} + 3/4\ O_{2(g)} \longrightarrow 1/2\ Al_2O_{3(s)} \qquad \Delta H_C^0 = -835\ KJ/mol$$

سؤال (22-1)

إذا أعطيت المعادلات الحرارية التالية عند درجة حرارة $25\ C^0$ وضغط $1\ atm$

$$1-\frac{1}{2}N_2 + O_2 \rightarrow NO_2 \qquad \Delta H_r^0 = 33\ KJ$$

$$2-N_2 + 2O_2 \rightarrow N_2O_4 \qquad \Delta H_r^0 = 11\ KJ$$

$$2NO_2 \rightarrow N_2O_4 \qquad \Delta H_r^0 = ?\ KJ$$

الحل

المعادلة رقم (1) تقلب X 2 المعادلة رقم (2) تبقى كما هي

$$1-2NO_2 \rightarrow N_2 + 2O_2 \qquad \Delta H_r^0 = -66\ KJ$$

$$2-N_2 + 2O_2 \rightarrow N_2O_4 \qquad \Delta H_r^0 = 11\ KJ$$

$$2NO_2 \rightarrow N_2O_4 \qquad \Delta H_r^0 = -55\ KJ$$

سؤال (23-1)

اذا كان لديك المعادلات الحرارية التالية عند درجة حرارة $25\ C^0$ وضغط $1\ atm$

$$1-FeO + H_2 \rightarrow Fe + H_2O \qquad \Delta H_r^0 = 25\ KJ$$

$$2-3FeO + 1/2\ O_2 \rightarrow Fe_3O_4 \qquad \Delta H_r^0 = -318\ KJ$$

$$3-H_2O \rightarrow H_2 + 1/2\ O_2 \qquad \Delta H_r^0 = -242\ KJ$$

$$3Fe + 4H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + 4H_2 \qquad \Delta H_r^0 = ?\ KJ$$

احسب ΔH_r^0 للتفاعل التالي

الحل

المعادلة رقم (1) تقلب X 3 المعادلة رقم (2) تبقى كما هي

المعادلة رقم (3) تقلب فقط

$$1-3Fe + 3H_2O \rightarrow 3FeO + 3H_2 \qquad \Delta H_r^0 = -75\ KJ$$

$$2-3FeO + 1/2\ O_2 \rightarrow Fe_3O_4 \qquad \Delta H_r^0 = -318\ KJ$$

$$3-H_2O \rightarrow H_2 + 1/2\ O_2 \qquad \Delta H_r^0 = +242\ KJ$$

$$3Fe + 4H_2O \rightarrow Fe_3O_4 + 4H_2 \qquad \Delta H_r^0 = -151\ KJ$$

اذا تكررت المادة في اكثر من معادلة مثل (H_2 و H_2O) فلا يؤخذ بها عند المقارنة بالمعادلة الاصلية

سؤال (1-24) تتفكك كاربونات الكالسيوم حسب المعادلة الاتية $\underset{s}{CaCO_3} \rightarrow \underset{s}{CaO} + \underset{g}{CO_2}$ قيمة ΔS_r^0 للتفاعل $160\ J/K.mol$ فاذا علمت ان ΔH_f^0 لكل من CO_2 و CaO و $CaCO_3$ هي على التوالي $(-393.5\ ,\ -635\ ,\ -1207)$ جد :- **1 ــ** ΔH_r^0 للتفاعل ثم ارسم مخطط الطاقة **2 ــ** ΔG_r^0 للتفاعل **3 ــ** درجة الحرارة التي سيصبح عندها التفاعل تلقائي

الحل

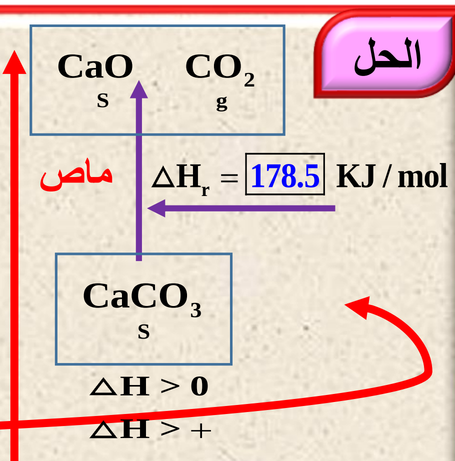
1

$$\underset{-1207}{CaCO_3} \rightarrow \underset{-635}{CaO} + \underset{-393.5}{CO_2}$$

$$\Delta H_r^0 = [-635 + (-393.5)] - [-1207]$$

$$\Delta H_r^0 = -1028 + 1207$$

$$\Delta H_r^0 = \boxed{+178.5}$$



2

❖ عند تطبيق علاقة كبس يجب ان تكون الظروف القياسية ان

$T = 25 + 273$

$T = 298\ K$

❖ دائما ولا تنسى .... وحدات ΔS في علاقة كبس يجب وضروري تكون **KJ**

$$\Delta S = \frac{160}{1000}$$

$$\Delta S = \boxed{0.16}\ KJ$$

$$\Delta G_r^0 = \Delta H_r^0 - T\Delta S_r^0$$

$$\Delta G_r^0 = 178.5 - (298 * 0.16)$$

$$\Delta G_r^0 = 178.50 - 47.68$$

$$\Delta G_r^0 = \boxed{130.82}\ KJ$$

3

دائما عند إيجاد درجة الحرارة التي يصبح عندها التفاعل تلقائي نفرض ان ΔG تساوي صفرا وكأنما حالة اتزان

$$\Delta G_r^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

$$0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

$$\therefore\ T = \frac{\Delta H^0}{\Delta S^0}$$

$$T = \frac{178.50}{0.16}$$

$$T = \boxed{1115.6}$$

هذه الدرجة التي يكون فيها $\Delta G = 0$

ولأجل ان نجعل التفاعل تلقائي يعني بقيمة سالبة يجب ان تكون $T\Delta S$ اكبر لأنها تحمل الإشارة السالبة $(-T\Delta S)$

اذن يجب تسخين التفاعل اكثر من هذه الدرجة لكي تكون قيمة $(T\Delta S > \Delta H)$

سؤال (1-25) احسب $\Delta H_r^0 = ?$ للتفاعل الاتي عند درجة حرارة C^0 25 وضغط 1 atm اذا اعطيت المعلومات التالية

$$2NH_3 + 3O_2 + 2CH_4 \rightarrow 2HCN + 6H_2O$$

$\Delta H_f^0 = -46$, 0 , $\Delta H_f^0 = -75$, $\Delta H_f^0 = 135$, $\Delta H_f^0 = -242$

الحل

$$\Delta H_r^0 = [2(135) + 6(-242)] - [2(-46) + 2(-75)]$$

$$\Delta H_r^0 = [270 - 1452] - [-92 + (-150)]$$

$$\Delta H_r^0 = [-1182] - [-92 - 150] \Rightarrow \Delta H_r^0 = [-1182] - [-310]$$

$$\Delta H_r^0 = -1182 + 242 \Rightarrow \Delta H_r^0 = \boxed{-940}\ KJ/mloe$$

سؤال (1-27) احسب ΔS_r^0 للتفاعل التالي عند درجة حرارة C^0 25 وضغط 1 atm

$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$$

S=192 , S=131 , S=193

الحل

$$\Delta S_r^0 = \sum n\ S^0 \text{ نواتج } - \sum n\ S^0 \text{ متفاعلات}$$

$$\Delta S_r^0 = [2(193)] - [192 + 3(131)]$$

$$\Delta S_r^0 = [386] - [192 + 393] \Rightarrow \Delta S_r^0 = [386] - [585]$$

$$X = 386 - 585 \Rightarrow X = -199\ KJ/mole$$

سؤال (1-28) ماذا نعني بالعملية التلقائية وضح ذلك ثم اعطي مثالين لكل من العمليات التلقائية والغير تلقائية ؟

الحل

العمليات التلقائية :- إي عملية فيزيائية أو كيميائية يمكن إن تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير من إي عامل خارجي ومن أمثلة العمليات التلقائية

١- سقوط الماء من اعلى الشلال
٢- ذوبان قطعة من السكر

أمثلة العمليات الغير تلقائية

١- صعود الماء إلى أعلى الشلال ٢- تجمع السكر إلى شكله الابتدائي

سؤال (1-29) أي من العلميات تلقائية وايهما غير تلقائية (أ) ذوبان ملح الطعام في الماء (ب) تسلق قمة ايفرست (جـ) انتشار رائحة العطر في الغرفة بعد رفع غطاء القنينة (د) فصل الهليوم والنيون من مزيج من الغازات

الحل أ - تلقائية ب- تلقائية جـ - غير تلقائية د- غير تلقائية

سؤال (1-30) عرف الانتروبي . وما هي وحدات الانتروبي حسب نظام الدولي للوحدات (SI)

الحل الانتروبي :- دالة ثرموديناميكية تصف الى مدى تصل درجة لا انتظام النظام أي انها مقياس للعشوائية (لا انتظام النظام) يرمز لها بالرمز S

سؤال (1-31) للتفاعل $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(g)}$ احسب قيمة ΔS^0_r للتفاعل بوحدات J / K.mol علما ان $\Delta G^0_f(H_2O) = -288\ KJ/mol$ $\Delta H^0_f(H_2O) = -242\ KJ/mol$

الحل

$$\Delta G^0_r = \Delta H^0_r - T\boxed{\Delta S}^{?}$$

ΔH^0_f لمكونات التفاعل

$$\Delta H^0_r = [2(-242)] - [0+0]$$

$$\Delta H^0_r = \boxed{-484}\ K.J$$

ΔG^0_f لمكونات التفاعل

$$\Delta G^0_r = [2-(-228)] - [0+0]$$

$$\Delta G^0_r = \boxed{-456}\ K.J$$

$$-456 = -484 - (298 * \Delta S^0_r)$$

$$-456 + 484 = -298 * \Delta S^0_r$$

$$\Delta S^0_r = \frac{+28}{-298} \Rightarrow \boxed{-0.094}\ KJ/K.mol$$

$$\Delta S^0_{r\ J} = -0.094 * 1000$$

تحويل من كبير الى صغير نضرب X 1000

$$\Delta S^0_r = -94\ J/K.mol$$

سؤال (1-32) احسب ΔS_r^0 للتفاعل الاتي عند $25\ C^0$ و ضغط $1\ atm$

اذا أعطيت المعلومات الاتية $SiH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow SiH_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

$S^0(O_2) = 206\ J/k.mole$ $\quad$ $S^0(SiH_4) = 205\ J/k.mole$

$S^0(H_2O) = 70\ J/k.mole$ $\quad$ $S^0(SiH_2) = 42\ J/k.mole$

الحل

$$SiH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \rightarrow SiH_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

$SiH_{4(g)}$	$2O_{2(g)}$	$SiH_{2(g)}$	$2H_2O_{(l)}$
(205)	2(206)	(42)	2(70)
	412	42	140

$$\Delta S_r^0 = \sum_{(P)} nS^0 - \sum_{(R)} nS^0$$

$$\Delta S_r^0 = [140 + 42] - [205 + 412]$$

$$\Delta S_r^0 = 182 - 617$$

$$\Delta S_r^0 = -\ 435\ \ J/K.mol$$

سؤال (1-34) عرف طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية وما هي وحداتها

الحل

(ΔG_f^0) وهي مقدار التغير في الطاقة الحرة عند تكوين مول واحد من أي مركب من عناصره الأساسية بأثبت صورها عند الظروف القياسية عند رجة حرارة $25\ C^0$ وضغط $1\ atm$ ووحداتها هي LJ/mol

سؤال (1-35) اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من غاز CO ، H_2 ، CH_3OH بوحدات $K.J/mol$ هي على التوالي $(-284\ ,\ -286\ ,\ -727)$ احسب ΔH_r^0 باستخدام قانون هيس للتفاعل الاتي

$$CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH \qquad \Delta H_r^0 = ?$$

الحل

من معلومات السؤال نجد معادلات احتراق كل من CO ، H_2 ، CH_3OH

$$1-\ CO + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2 \qquad \Delta H_C^0 = -284$$

$$2-\ H_2 + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2O \qquad \Delta H_C^0 = -286$$

$$3-\ CH_3OH + \tfrac{3}{2}O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \qquad \Delta H_C^0 = -727$$

معادلة رقم 1 كما هي لأنه CO فيها يساوي المعادلة الموزونة

نضرب معادلة رقم 2 في 2 لأنه H_2 فيها مول واحد وفي الاصلية مولين

نقلب معادلة رقم 3 بسبب CH_3OH يجب ان يكون في النواتج كما في المعادلة الاصلية

$$1-\ CO + \tfrac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2 \qquad \Delta H^0 = -284$$

$$2-\ 2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O \qquad \Delta H^0 = -572$$

$$3-\ CO_2 + 2H_2O \rightarrow CH_3OH + \tfrac{3}{2}O_2 \qquad \Delta H^0 = +727$$

$$CO + 2H_2 \rightarrow CH_3OH \qquad \Delta H^0 = 129 -\ \ KJ$$

سؤال (1-36) جد درجة الحرارة التي ستصبح عندها التفاعلات الآتية تلقائية اذا علمت ان قيم ΔH و ΔS

التفاعل A : $\Delta H = +126$ $\quad \Delta S = +48$ J/K.mole

التفاعل B : $\Delta H = -12$ $\quad \Delta S = -105$ J/K.mole

الحل دائما عند ايجاد درجة الحرارة التي ستصبح عندها التفاعلات A و B تلقائية نفترض ان قيمة ΔG^0 عند الاتزان تساوي صفراً

التفاعل A

هنا يجب تحويل ΔS الى وحدات KJ وذلك بالقسمة على 1000

$$\Delta G_r = \Delta H - T\Delta S$$

$$0 = \Delta H - T\Delta S \Rightarrow T\Delta S = \Delta H$$

$$T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

$$\Delta S = \frac{48}{1000} = 0.048$$

$$T = \frac{126}{0.048\ KJ} = 2625\ K$$

∴ يجب تسخين التفاعل الى اكثر من 2625 K ليجري تلقائيا لتصبح قيمة $T\Delta S$ كبيرة كمية موجبة $T\Delta S > \Delta H$ كمية سالبة

التفاعل B

$$\Delta S = \frac{-105}{1000} \Rightarrow -0.105$$

$$T = \frac{-12}{-0.105} = 114.3\ K$$

∴ يجب تبريد التفاعل لأقل من درجة حرارة 114.3 K لكي يجري تلقائيا لتصبح

$$-\Delta H > +T\Delta S$$

كمية سالبة — كمية موجبة

ملاحظة

ان درجة الحرارة التي تصبح عندها $\Delta G = 0$ هي 114.3 كيف ؟

$\Delta G = -12 - (114.3 * -0.105)$

$\Delta G = -12 + 12 \Rightarrow \Delta G = 0$

ولكي تصبح في السالب نخفض درجة الحرارة لتقل قيمة $T\Delta S$

سؤال (1-37) من قيم ΔH و ΔS تنبأ باي التفاعلين الآتيين يكون تلقائي عند درجة حرارة $25\ C^0$ وضغط 1atm

التفاعل : A $\quad \Delta H = 11 \quad \Delta S = 30 \quad J/K.mole$

التفاعل : B $\quad \Delta H = 2 \quad \Delta S = 113 \quad J/K.mole$ اذا لم يكن كل من التفاعلين تلقائيا عند درجة حرارة $25\ C^0$ وضغط 1atm فباي درجة حرارة قد يكون تلقائيين

الحل

في هذا النوع من الأسئلة يجب توحيد وحدات ΔS و ΔH وذلك بتحويل ΔS الى كليو جول (KJ) تلقائيا عند درجة

$$\Delta G_r^0 = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G_r^0 = 11 - (298 \times 0.03) \Rightarrow \Delta G_r^0 = 11 - 8.94$$

$$\Delta G_r^0 = 2.06 \ \ KJ/mole$$

التفاعل غير تلقائي لان قيمة ΔG_r^0 موجبة ولإيجاد درجة الحرارة التي يكون فيها تلقائي نحسب درجة الحرارة والتي دائما يكون فيها $\Delta G_r^0 =$ صفراً اي عند الاتزان

$$T = \frac{11}{0.03} = 366.7 \ \ K$$

$$\Delta G = \frac{\boxed{+}\ \Delta H}{\ } \ / \ \frac{\boxed{-}\ T\Delta S}{\ }$$

$$\Delta H < T\Delta S$$

اي عند تسخين التفاعل الى اكثر من (366.7) يكون التفاعل تلقائي

التفاعل B

$$\Delta G_r^0 = 2 - (298 \times 0.113) \Rightarrow \Delta G_r^0 = 2 - 33.67$$

$$\Delta G_r^0 = -31.67 \ \ KJ/mole$$

التفاعل تلقائي لان قيمة ΔG سالبة

سؤال (38-1) علل مما يأتي وفق علاقة كبس $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

١- عملية انصهار الجليد تلقائية بالظروف الاعتيادية

٢- لا يتحلل الماء إلى عناصره الاولية بالظروف الاعتيادية

٣- يذوب غاز ثاني اوكسيد الكبريت في الماء تلقائيا ويبعث حرارة اثناء عملية الذوبان

٤- لا تتفكك كاربونات الكالسيوم بدرجات الحرارة الاعتيادية

٥- تفكك أوكسيد الزئبق II يكون تلقائي دائما عند درجات الحرارة العالية

الحل ١

$\Delta H = +$ انصهار الجليد ماص للحرارة

$\Delta S = +$ تحول من انتظام الى عشوائي

$$\underset{(S)}{H_2O} \longrightarrow \underset{(L)}{H_2O}$$

$$\Delta G = \underset{+}{\Delta H} - \underset{-}{(T\Delta S)}$$

يجب ان تكون فيه $\Delta G = \boxed{-}$ انصهار الجليد تلقائى

اذن يجب ان تكون قيمة $\Delta H < T\Delta S$ وذلك برفع درجة الحرارة (T) تسخين

لأنها سالبة فيه — لأنها موجبة فيه

الحل ٢

$\Delta H = +$ تحلل الماء او تفككه عملية ماصة للحرارة

$\Delta S = +$ من انتظام (L) الى عشوائي (g)

$\Delta G = +$ لان التفاعل لا يحدث أي لا يتحلل الماء

$$\underset{(L)}{H_2O} \longrightarrow \underset{(g)}{H_2} + \frac{1}{2}\underset{(g)}{O_2}$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = \underset{+}{+} - \underset{-}{(T\Delta S)}$$

$\Delta G = +$ غير تلقائي

اذن هنا يجب خفض درجة الحرارة (تبريد التفاعل)

لكي تصبح فيه $T\Delta S < \Delta H$ ليكون غير تلقائي

الحل ٣

$\underset{(L)}{SO_2} + \underset{(L)}{H_2O} \longrightarrow \underset{(g)}{H_2SO_3}$

$\Delta H = -$ لان العملية مصحوبة بانبعاث حرارة

$\Delta S = -$ من عشوائي (g) الى انتظام (L)

$\Delta G = -$ لان SO_2 يذوب تلقائيا

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G = - \; - \; (T\Delta S)^{-}$

$- \quad / \quad +$

$\Delta G = -$

لكي يصبح التفاعل تلقائي يجب خفض درجة الحرارة $T\Delta S$ صغيرة و ΔH كبيرة

الحل ٤

$\underset{(S)}{CaCO_3} \xrightarrow{\Delta} \underset{(g)}{CaO} + \underset{(g)}{CO_2}$

بدرجة حرارة عالية

$\Delta H = +$ لان التفاعل عند التفكك يكون ماص

$\Delta S = +$ لان التفاعل تحول من انتظام الى عشوائي

$\Delta G = +$ لا تتفكك أي غير تلقائي

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G = + \; - \; (T\Delta S)^{+}$

$+ \quad / \quad -$

$\Delta G = +$

لكي يصبح التفاعل تلقائي يجب تبريد التفاعل بخفض درجة الحرارة لكي يصبح ΔH كبيرة و $T\Delta S$ صغيرة

ولنفرض يصبح التفاعل تلقائي يجب ان تكون درجة الحرارة عالية جدا

الحل ٥

$\underset{(S)}{2HgO} \longrightarrow \underset{(L)}{2Hg} + \underset{(g)}{O_2}$

$\Delta H = +$ لان التفاعل عند التفكك يكون ماص

$\Delta S = +$ لان التفاعل تحول من انتظام الى عشوائي

$\Delta G = -$ تتفكك HgO تلقائي

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G = + \; - \; (T\Delta S)^{+}$

$+ \quad / \quad -$

$\Delta G = -$ تلقائي

رحلة التفوق في السادس

اذن يجب تسخين التفاعل رفع درجة الحرارة لكي تصبح فيه $T\Delta S$ كبيرة و ΔH تكون صغيرة

رحلة التفوق في السادس

بعض التعاريف المهمة

1 ـ حرارة التفاعل (ΔH) التغير في الانثالبي

هي التغير في الحرارة المصاحب للتفاعل والتي يجري قياسها تحت ضغط ثابت وان ($\Delta H = q_P$)

رحلة التفوق في السادس

2 ـ التفاعل الماص للحرارة :-

وهو التفاعل الذي تكون فيه قيمة (ΔH) اكبر من الصفر أي ذات قيمة موجبة (+) وذلك ناتج من ان الطاقة الكامنة للمواد الناتجة اكبر من الطاقة الكامنة للمواد المتفاعلة .

3 ـ التفاعل الباعث للحرارة :-

وهو التفاعل الذي تكون فيه قيمة (ΔH) اقل من الصفر أي ذات قيمة سالبة (ـ) وذلك ناتج من ان الطاقة الكامنة للمواد الناتجة اقل من الطاقة الكامنة للمواد المتفاعلة .

4 ـ المسعر الحراري :-

هو عبارة عن جهاز معزول حراريا (الحرارة لا يمكن فقدها من المحيط) يستخدم لقياس حرارة التفاعل (انثالبي التفاعل) المنبعثة او الممتصة في التفاعل الكيميائي عند ثبوت الضغط

5 ـ انثالبي التبخر ΔH^0_{Vap}

وتعني كمية الحرارة اللازمة لتبخر مول واحد في المادة من حالتها السائلة الى الحالة الغازية

6 ـ انثالبي التكثيف ΔH^0_{Cond}

وتعني كمية الحرارة اللازمة لتكثيف مول واحد من المادة من حالتها الغازية الى الحالة السائلة

7 ـ انثالبي الانصهار ΔH^0_{fus}

وتعني كمية الحرارة اللازمة لانصهار مول واحد من المادة من حالتها الصلبة الى الحالة السائلة

8 ـ انثالبي الانجماد ΔH^0_{Cryst}

وتعني كمية الحرارة للازمة لانجماد مول واحد من المادة بحالتها السائلة الى الحالة الصلبة

9 ـ طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية ΔG^0_f

هي مقدار الطاقة الحرة القياسية عند تكوين مول واحد من المركب من عناصره الأساسية وبأثبت صورها تحت ظروف قياسية ($1\ atm\ \ 25\ C^o$)

10 ـ علاقة تروتن

وهي العلاقة التي تستخدم لحساب انثالبي التبخر للسوائل من معرفة درجة حرارة غليانها حيث لاحظ تروتن ان قيمة ΔS_{Vap} لأغلب السوائل تساوي قيمة ثابتة وهي ($85\ J/K.mol$)

بعض التعاليل المهمة

رحلة التفوق في السادس

1 ـ لا يهتم علم الثرمو داينمك بعامل الزمن

لأنه يتنبئ فقط فيما اذا كان تفاعل معين قابل للحدوث او غير قابل دون ان يبين سرعة حدوث هذا التغير لان السرعة من اهتمام علم الحركيات

2 ـ يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد عند كتابة المعادلة الكيميائية الحرارية ؟

لان كمية الحرارة الممتصة او المتحررة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية لمواد التفاعل ؟

3 ـ غالبا ما نلاحظ ظهور كسور في المعادلة الكيميائية الحرارية ؟

وذلك بسبب كتابة المعادلة الكيميائية التي تمثل تكوين مول واحد من المركب المراد تكوينه لذا نلجأ الى تغير عدد مولات المواد المتفاعلة .

4 ـ لقانون هيس أهمية كبيرة ؟

لأنها طريقة غير مباشرة في حساب الانثالبي لان هنالك العديد من المركبات الكيميائية لا يمكن تصنيعها بشكل مباشر من عناصرها لأسباب عديدة منها ان التفاعل يسير ببطيء . او تكوّن مركبات جانبية غير مرغوب فيها .

5 ـ اغلب التفاعلات الباعثة للحرارة تلقائية ؟

لان يرافقها انخفاض في الطاقة (طاقة اقل تعني اكثر استقرارا أي ان الطاقة النهائية اقل من الطاقة الابتدائية) .

6 ـ لماذا لا يعتبر الشغل والحرارة دوال حالة ؟

لان قيم هذه الكميات تتغير كثيرا بتغير ظروف التجربة كذلك فأنها تعتمد على المسار والخطوات التي تم من خلالها التغيير .

7 ـ يمكن اعتبار حرارة التفاعل المقاسة في المسعر هي الانثالبي ؟

لان الحرارة المقاسة في المسعر تكون بثبوت الضغط ولان الانثالبي مرتبطة بدراسة كميات الحرارة تحت ضغط ثابت وعليه يمكن اعتبار $(q_P = \Delta H)$

8 ـ الانثالبية (ΔH) لا تستطيع تحديد تلقائية التفاعل ؟

لان هناك تفاعلات او تحولات ماصة للحرارة (+) ومع ذلك تكون تلقائية كما ان هناك تفاعلات باعثة (ـ) ولكنها غير تلقائية وهذا لا ينطبق مع مبدأ (تلقائي $\Delta H = -$) (غير تلقائي $\Delta H = +$)

9 ـ لا يمكن ان تقاس القيمة المطلقة للانتروبي ؟

كونها دالة حالة تعتمد فيمتها على الحالة الابتدائية والنهائية شانها شان الانثالبي (ΔH)

10 ـ تعد طاقة كبس مؤشرا حقيقيا لتلقائية التفاعل من عدمها او (ذات أهمية كبيرة) ؟

لأنها تتيح لنا التنبؤ بتلقائية التفاعل من عدمه بشكل ابسط من الاعتماد على استخدام الانثالبي ΔH والانتروبي ΔS كلا على انفراد وذلك من خلال تحديد اشارتها $\Delta G = -$ تلقائي $\Delta G = +$ غير تلقائي $\Delta G = 0$ حالة اتزان

11 ـ علاقة تروتن ذات فائدة كبيرة ؟

لأنها تفيدنا فى حساب انثالبى التبخر للسوائل من معرفة درجة غليانها

سؤال متى لا تؤثر درجة الحرارة على تلقائية او عدم تلقائية التفاعل ؟

جواب

الحالة الاولى

$\Delta H = + \qquad \Delta S = -$

$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$

$\Delta G^0 = + \; - \; -$

$\Delta G^0 = + \quad +$

غير تلقائي في جميع درجات الحرارة

الحالة الثانية

$\Delta H = - \qquad \Delta S = +$

$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$

$\Delta G^0 = - \; - \; +$

$\Delta G^0 = - \quad -$

تلقائي في جميع درجات الحرارة

سؤال تتكون قطرات من الماء على أوراق الأشجار وزجاج الشبابيك شتاءً وضح ذلك وفق علاقة كبس ؟

جواب

$\Delta G^0 = -$ لان التغير الفيزيائى يحدث تلقائيا

$\Delta H = -$ لان عملية التكثيف باعثة للحرارة

$\Delta S = -$ لتحول النظام من العشوائي (غاز) الى انتظام سائل

$$H_2O_{(g)} \longrightarrow H_2O_{(L)}$$

T منخفضة شتاءاً

$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$

$\Delta G^0 = - \; - \; -$

$\Delta G^0 = - \quad +$

نأخذ إشارة الكبير

$\Delta G^0 = -$

$T\Delta S < \Delta H$ تلقائي

سؤال

احسب الطاقة الحرة القياسية لتكوين HCl من التفاعل الغازي :-

$$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$$

علما ان ΔS^0 تساوي 20 J/K.mol وان ΔH_f^0 لـ HCl تساوي

جواب

نجد ΔH_r^0 من ΔH_f^0

$$\Delta H_r^0 = \sum n \ \Delta H_f^0{}_{(P)} - \sum n \ \Delta H_f^0{}_{(R)}$$

$$\Delta H_r^0 = [2(-92)]_{(P)} - [0+0]_{(R)}$$

$$\Delta H_r^0 = -184 \ KJ$$

نعمل على تحويل ΔS بوحدات KJ

$$\Delta S = \frac{20}{1000}$$

$$\Delta S = 0.02$$

والان نكتب علاقة كبس للتعويض ما وجد

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T_{(STP)} \ \Delta S^0$$

$$\Delta G^0 = -184 - (298 \times 0.02)$$

$$\Delta G^0 = -184 - 5.96$$

$$\Delta G^0 = -189.96 \simeq -190$$

H_2	+	Cl_2	$\rightarrow$	$2HCl$	$\Delta G_r^0 = -190$
$\Delta G_f^0 = 0$		$\Delta G_f^0 = 0$		$2(X)$	

بعدها يتم حساب ΔG_f^0 لـ HCl

$$\Delta G_r^0 = \sum n \ \Delta G_f^0{}_{(P)} - \sum n \ \Delta G_f^0{}_{(R)}$$

$$-190 = [2(X)]_{(P)} - [0+0]_{(R)}$$

$$-190 = 2X$$

$$\therefore X = \frac{-190}{2}$$

$$X = -95 \ KJ/mol$$

سؤال

ΔG_f^0 لـ H_2O السائل تساوي $-237\ KJ/mol$ و $\Delta S^0 = -200\ J/K.mol$

بدرجة $25\ C^0$ احسب حرارة الاحتراق للهيدروجين من التفاعل الاتي :-

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(L)}$$

جواب

نحسب أولا ΔG_r^0 من ΔG_f^0 للمكونات التفاعل

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \rightarrow 2H_2O_{(L)}$$

$$\Delta G_r^0 = \sum_{(P)} n\ \Delta G_f^0 - \sum_{(R)} n\ \Delta G_f^0$$

$$\Delta G_r^0 = [2(-237)]_{(P)} - [0+0]_{(R)}$$

$$\Delta G_r^0 = -474\ KJ$$

بعدها نعوض علاقة كبس لإيجاد ΔH_f^0 يسبقها تحول ΔS الى وحدات KJ

$$\Delta S = \frac{-200}{1000}$$

$$\Delta S = -0.2$$

$$\Delta G^0 = \Delta H_r^0 - T_{(STP)}\ \Delta S_r^0$$

$$-474 = \Delta H_r^0 - (298 \times -0.2)$$

$$-474 = \Delta H_r^0 + 59.6$$

$$\Delta H_r^0 = -474 - 59.6$$

$$\Delta H_r^0 = -533.6$$

أخيرا بعد حساب ΔH_r^0 للتفاعل نحسب ΔH_C^0 لـ H_2 حيث يجب حساب مول واحد من المادة المحترقة وهي H_2

$$\Delta H_r^0 = \Delta H_C^0 \times n$$

$$\therefore \Delta H_C^0 = \frac{\Delta H_r^0}{n}$$

$$\Delta H_C^0 = \frac{-533.6}{2}$$

$$\Delta H_C^0 = -266.8\ KJ/mol$$

سؤال

اذا علمت ان حرارة التكوين القياسية لكل من الماء السائل والجليد $(-286\ ,\ -292)\,KJ/mol$ على التوالي احسب انتروبي انصهار الجليد ؟

جواب

نكتب معادلة التكوين

$$1-\ \underset{(g)}{H_2} + \frac{1}{2}\underset{(g)}{O_2} \rightarrow \underset{(L)}{H_2O} \qquad \Delta H_f^0 = -286$$

$$2-\ \underset{(g)}{H_2} + \frac{1}{2}\underset{(g)}{O_2} \rightarrow \underset{(S)}{H_2O} \qquad \Delta H_f^0 = -292$$

المطلوب هو معادلة انصهار الجليد $\underset{(S)}{H_2O} \rightarrow \underset{(L)}{H_2O}$

ويتم ذلك بقلب معادلة رقم 2 وهي

$$1-\ \underset{(g)}{H_2} + \frac{1}{2}\underset{(g)}{O_2} \rightarrow \underset{(L)}{H_2O} \qquad \Delta H_f^0 = -286$$

$$2-\ \underset{(S)}{H_2O} \rightarrow \underset{(g)}{H_2} + \frac{1}{2}\underset{(g)}{O_2} \qquad \Delta H_f^0 = +292$$

$$\underset{(S)}{H_2O} \rightarrow \underset{(L)}{H_2O} \qquad \Delta H^0_{fus} = +6$$

وبعد حساب انثالبي الانصهار للماء وهي حالة الاتزان لأنها تمثل درجة انصهار T_m أي ان $\Delta G = 0$

$$\therefore T\Delta S^0 = \Delta H^0$$

$$\Delta S^0 = \frac{\Delta H^0}{T}$$

$$\Delta S^0 = \frac{+6}{273}$$

درجة انصهار الماء هي من الثوابت لا تعطى للطالب وهي $0\ C^o$ أي $273\ K$

$$\Delta S^0 = 0.03\ KJ/K.mol$$

$$\Delta S^0 = 0.03 \times 1000$$

$$\Delta S^0 = 30\ \ J/K.mol$$

سؤال دور اول وزاري 1992

جد انثالبي تحول الفسفور الأبيض من صلب الى غاز من المعلومات الاتية :-

$$\underset{(S)}{P_4} + \underset{(g)}{5O_2} \rightarrow \underset{(S)}{P_4O_{10}} \qquad \Delta H^0 = -3005\ KJ$$

$$\underset{(g)}{P_4} + \underset{(g)}{5O_2} \rightarrow \underset{(S)}{P_4O_{10}} \qquad \Delta H^0 = -3018\ KJ$$

الحل

نكتب المعادلة المطلوبة $\Delta H_r^0 = ?$

$$\underset{\text{صلب}}{P_4} \longrightarrow \underset{\text{غاز}}{P_4}$$

وذلك بقلب المعادلة الثانية

$$1 - \underset{(S)}{P_4} + \underset{(g)}{5O_2} \rightarrow \underset{(S)}{P_4O_{10}} \qquad \Delta H_r^0 = -3005\ KJ$$

$$2 - \underset{(S)}{P_4O_{10}} \rightarrow \underset{(g)}{P_4} + \underset{(g)}{5O_2} \qquad \Delta H_r^0 = +3018\ KJ$$

$$\underset{(S)}{P_4} \rightarrow \underset{(g)}{P_4} \qquad \Delta H_r^0 = +13\ KJ$$

سؤال دور اول وزاري 2002

احسب ΔS^0 للتفاعل الغازي في درجة حرارة $25\ C^0$ $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ علما ان ΔH_f^0 لبخار الماء $-242\ KJ/mol$ و ΔG_f^0 لبخار الماء $-229\ KJ/mol$ ؟

الحل

يجب ان نحسب أولا (ΔH_r^0) و (ΔG_r^0)

$T = 25 + 273$

$T = 298\ K$

$$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$$

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

$$\Delta H_r^0 = \sum n\ \underset{(P)}{\Delta H_f^0} - \sum n\ \underset{(R)}{\Delta H_f^0}$$

$$\Delta H_r^0 = 2 * -242 - 0 \Rightarrow \Delta H_r^0 = -484\ KJ$$

$$\Delta G_r^0 = \sum n\ \underset{(P)}{\Delta G_f^0} - \sum n\ \underset{(R)}{\Delta G_f^0}$$

$$\Delta G_r^0 = 2 * -229 - 0 \Rightarrow \Delta G_r^0 = -458\ KJ$$

$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$$

$$-458 = -484 - (298 * \Delta S^0)$$

$$298 * \Delta S^0 = -484 + 458$$

$$\Delta S^0 = \frac{-26}{298} = -0.087\ KJ/mol$$

سؤال دور ثاني وزاري 1995

اذا علمت ان حرارة احتراق البيوتان (C_4H_{10}) تساوي $(-2878.5\ KJ/mol)$ عندما يعطي CO_2 وسائل الماء ولكنها $(-2658.5\ KJ/mol)$ عندما يعطي CO_2 وبخار الماء جد حرارة تبخر الماء ؟

الحل

نكتب معادلة الاحتراق لكليهما

$$1\text{-}\ C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(L)} \qquad \Delta H_r^0 = -2878\ KJ$$

$$2\text{-}\ C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_r^0 = -2658.5\ KJ$$

نكتب المعادلة المطلوبة

$$H_2O_{(L)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$$

وذلك بقلب المعادلة الأولى

$$4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(L)} \longrightarrow C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2}O_{2(g)} \qquad \Delta H_r^0 = +2878\ KJ$$

$$C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_r^0 = -2658.5\ KJ$$

$$5H_2O_{(L)} \longrightarrow 5H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_r^0 = +220\,KJ$$

نقسم المعادلة على (5) للحصول على تبخر مول واحد

$$H_2O_{(L)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta H_r^0 = \frac{220}{5} = 44\ KJ$$

سؤال دور اول وزاري 2005

ΔH^0 لانصهار الجليد يساوي 6 بوحدات KJ/mol

احسب ΔS^0 لانصهاره ؟

الحل

نكتب معادلة انصهار الجليد $H_2O_{(S)} \longrightarrow H_2O_{(L)}$

يحدث الانصهار عند $(0\ C^0)$ (اتزان)

$$T = 0 + 273$$

$$T = 273\ K$$

$$\Delta S_{fus} = \frac{\Delta H_{fus}}{T}$$

$$\Delta S_{fus} = \frac{6}{273}$$

$$\Delta S_{fus} = 0.022\ KJ/K.mol \Rightarrow \Delta S_{fus} = 22\ J/K.mol$$

سؤال دور ثاني وزاري 2005

عند حرق $(1.6\ g)$ من غاز الميثان انبعثت حرارة مقدارها $(89.015\ KJ)$ ، احسب انثالبية التكوين القياسية للميثان علما انثالبية التكوين القياسية لكل من CO_2, H_2O تساوي $(-393.5, -286)$ بوحدات KJ/mol علما ان الكتل الذرية لـ $(H = 1, C = 12)$ ؟

الحل

نحسب أولا مولات غاز الميثان

$$M = 12 + 4 = 16\ g/mol$$

$$n = \frac{m}{M} \Rightarrow n = \frac{1.6}{16} = 0.1\ mol$$

$q = \Delta H$	n
98.015	0.1
X	1

$$X = \frac{-89.015}{0.1} = -890.15\ KJ$$

نكتب معادلة احتراق الميثان

$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \qquad \Delta H^0_C = \Delta H^0_r = -890.15$$

$$\Delta H^0_r = \sum n\ \Delta H^0_{f\,(P)} - \sum n\ \Delta H^0_{f\,(R)}$$

$$-890.15 = \left[(2 * -286) + (-393.5)\right] - \left[\Delta H^0_f + 0\right]$$

$$\Delta H^0_{f\,CH_4} = -573 - 393.5 + 890.15$$

$$\Delta H^0_{f\,CH_4} = -966.5 + 890.15 = -76.35\ KJ/mol$$

سؤال دور ثاني وزاري 2011

احسب ب $\triangle S^0$ للتفاعل الاتي عند درجة حرارة $25\ C^0$ اذا علمت ان $\triangle H_f^0$ لغاز $HF = (-237)$ و $\triangle G_f^0$ لغاز $HF = (-275)$ بوحدات KJ/mol للتفاعل $H_2 + F_2 \rightarrow 2HF$

الحل

$$H_2 + F_2 \rightarrow 2HF$$

$$T = 25 + 273$$

$$T = 298\ K$$

$$\triangle G^0 = \triangle H^0 - T\triangle S^0$$

$$\triangle H_r^0 = \sum_{(P)} n\ \triangle H_f^0 - \sum_{(R)} n\ \triangle H_f^0$$

$$\triangle H_r^0 = 2 * 273 - 0 \Rightarrow \triangle H_r^0 = -546\ KJ$$

$$\triangle G_r^0 = \sum_{(P)} n\ \triangle G_f^0 - \sum_{(R)} n\ \triangle G_f^0$$

$$\triangle G_r^0 = 2 * 275 - 0 \Rightarrow \triangle G_r^0 = -550\ KJ$$

$$\triangle G^0 = \triangle H^0 - T\triangle S^0$$

$$-550 = -546 - (298\triangle S^0) \Rightarrow 298\triangle S^0 = -546 + 550$$

$$\triangle S^0 = \frac{4}{298} = 0.013\ KJ/mol$$

سؤال خارجي

اذا علمت ان حرارة تبخر الامونيا تساوي 23.3 وان انتروبي التبخر لها $97.2\ J/K.mol$ احسب درجة غليان الامونيا عندما تكون الامونيا السائلة في حالة اتزان مع بخارها ؟

الحل

نكتب معادلة تبخر الامونيا $\Delta H_{vip}^0 = 23.3$ $NH_{3(L)} \rightleftharpoons NH_{3(g)}$

لأنها درجة غليان T_P وهي حالة التبخر اذا هي حالة اتزان أي ان $\Delta G = 0$

$$T\Delta S = \Delta H$$

نعمل على تحول وحدة الانتروبي الى KJ

$$\Delta S = \frac{97.2}{1000}$$

$$\Delta S = 0.0927\ KJ/mol$$

$$\therefore T = \frac{\Delta H}{\Delta S} \Rightarrow T = \frac{23.3}{0.0792}$$

$$T = 239.7\ K$$

أخيرا يجب تحويل درجة الحرارة الى مقياسها السليزي حتى اذا لم يطلب ذلك

$$T = t_C + 273$$

$$t_C = T_{K^0} - 273$$

$$t_C = 239 - 273$$

$$t_C = -34\ C^0$$

سؤال خارجي

اذا علمت ان انتروبي التبخر للميثانول تساوي 111 J/K.mol وان حرارة تبخره 37.4 KJ/mol احسب درجة غليانه ؟

الحل

$$\Delta S_{vap} = \frac{111}{1000}$$

$$\Delta S_{vap} = 0.111 \ KJ/K.mol$$

$$\Delta S_{vap} = \frac{\Delta H_{vap}}{T}$$

$$0.111 = \frac{37.4}{T}$$

$$T = \frac{37.4}{0.111}$$

$$T = 337 \ K$$

$$t = 337 - 273$$

$$t = 64 \ C^0$$

سؤال خارجي

احسب انثالبي التبخر للماء في درجة غليانه اذا علمت ان حرارة تكوين سائل الماء تساوي −286 KJ/K وحرارة تكوين بخار الماء تساوي −242 KJ/mol

الحل

$$H_2O_{(L)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$

$$\Delta H_r^0 = \sum_P n\Delta H_f^0 - \sum_R n\Delta H_f^0$$

$$\Delta H_r^0 = [-242] - [-286]$$

$$\Delta H_r^0 = -242 + 286$$

$$\Delta H_r^0 = +44 \ KJ/mol$$

$$\Delta S_{vap} = \frac{\Delta H_{vap}}{T}$$

$$T = 100 + 273$$

$$T = 373 \ K$$

$$\Delta S_{vap} = \frac{44}{373}$$

$$\Delta S_{vap} = 0.118 \ KJ/mol \Rightarrow \Delta S_{vap} = 118 \ J/mol$$

سؤال دور ثاني وزاري 2005

يستخلص السليكون باختزال اوكسيده حسب التفاعل التالي الماص للحرارة $SiO_{2(s)} + 2C_{(s)} \rightarrow Si_{(s)} + 2CO_{(g)}$ فسر تلقائية التفاعل ؟

الحل

تلقائي $\Delta G = -$

ماص للحرارة $\Delta H = +$

لا نه تحول من صلب الى غاز $\Delta S = +$

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G = + < -$

$\Delta G = -$

تلقائي برفع درجة الحرارة

رحلة التفوق في السادس

سؤال دور ثاني وزاري 2006 دور اول 2010

لا يحصل تفكك كاربونات الكالسيوم الماص لحرارة في درجات الحرارة الاعتيادية ؟ علل ذلك ؟

الحل

غير تلقائي $\Delta G = +$

ماص للحرارة $\Delta H = +$

لا نه تفاعل فيه زيادة في عدد المولات $\Delta S = +$

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$\Delta G = + > -$

$\Delta G = +$

غير تلقائية في درجات الحرارة الاعتيادية

سؤال دور ثاني وزاري 2005

بين متى يكون لزيادة درجة الحرارة تأثير على تلقائية وعدم تلقائية التفاعل بالاستناد الى علاقة كبس

الحل

أولا

ماص $\Delta H = +$

عشوائي $\Delta S = +$

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ (+ +)

تلقائي برفع درجة الحرارة $- = + < -$

غير تلقائي بخفض درجة الحرارة $+ = + > -$

ثانيا

باعث $\Delta H = -$

نظام $\Delta S = -$

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ (+ +)

تلقائي بخفض درجة الحرارة $- = - < +$

غير تلقائي برفع درجة الحرارة $+ = - > +$

سؤال دور ثاني وزاري 2008

ذوبان خلات الصوديوم في الماء تلقائي ومصحوب بامتصاص حرارة ؟ كيف تفسر تلقائية هذا التفاعل استنادا الى علاقة كبس؟

الحل

تلقائي $\Delta G = -$

ماص للحرارة $\Delta H = -$

لا نه تحول من صلب الى غاز $\Delta S = +$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = + < -$$

$\Delta G = -$ تلقائي برفع درجة الحرارة

سؤال دور اول وزاري 2011

هل التفاعل التالي الماص للحرارة تلقائي برفع ام بخفض درجة الحرارة ؟

$$NH_4Cl_{(s)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + HCl_{(g)}$$

الحل

تلقائي $\Delta G = -$

ماص للحرارة $\Delta H = +$

لا نه تحول من صلب الى غاز $\Delta S = +$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = + < -$$

$\Delta G = -$

تلقائي برفع درجة الحرارة

سؤال دور ثاني وزاري 2011

لا يتجزأ الماء في درجة الحرارة الاعتيادية عندما

$\Delta H > T\Delta S$ $\Delta H < T\Delta S$ $\Delta H = T\Delta S$

الحل

غير تلقائي (لا يتجزأ) $\Delta G = +$

لأنه تفاعل ماص للحرارة $\Delta H = +$

لأنه تفاعل فيه زيادة عدد المولات $\Delta S = +$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$\Delta G = + > -$$

$$\Delta G = \Delta H > T\Delta S$$

$$\Delta G = +$$

غير تلقائي

تعاليل ومسائل واجب

1 ـ ذوبان خلات الصوديوم في الماء تلقائي ويصحبه امتصاص حرارة (علاقة كبس)

2 ـ ذوبان ملح الطعام في الماء عملية تلقائية وهي ماصة للحرارة (علاقة كبس) ؟

3 ـ زيادة العشوائية تحبذ تلقائية التفاعل ؟

4 ـ عملية انجماد الماء غير تلقائية بالظروف الاعتيادية ؟

5 ـ يستخلص السيليكون باختزال اوكسيده حسب التفاعل الماص للحرارة ؟

فسر تلقائية التفاعل $SiO_{2(s)} + 2C_{(s)} \rightarrow Si_{(s)} + 2CO_{(g)}$

6 ـ التفاعل التالي الماص للحرارة $NH_4Cl_{(s)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + HCl_{(g)}$ تلقائي برفع ام بخفض درجة الحرارة ؟

سؤال1/ احسب حرارة تفكك غاز HCl في $25\ C^0$ اذا علمت ان ΔG_f^0 لـ HCl $= -95.3\ KJ/mol$ و $\Delta S = 10\ J/K.mol$ للتفاعل $\frac{1}{2}H_2 + \frac{1}{2}Cl_2 \rightarrow HCl$

الجواب $+92.32$

سؤال2/ ΔS^0 لانصهار الجليد تساوي $22\ J/K.mol$ احسب ΔH^0 لانصهاره ؟

الجواب $+6\ KJ$

سؤال3/ احسب حرارة التكوين القياسية لـ (CO) وثم حرارة احتراقه اذا علمت ان ΔH_f^0 لـ $CO_2 = -393.5\ KJ/mol$ وان حرارة التفاعل التالي هي

$$2CO + O2 \rightarrow 2CO_2 \qquad \Delta H_r^0 = -566\ KJ/mol$$

الجواب $\Delta H_f^0 = -110.5$ $\qquad \Delta H_C^0 = -283$

سؤال4/ مهم جدا احسب التغير في الطاقة الحرة للتفاعل $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$ في درجة حرارة $298\ K$ وفي درجة $(1000\ C^0)$ اذا علمت ان التغير في انثالبي هذا التفاعل يساوي $+178.5\ KJ/mol$ والتغير في الانتروبي $(160\ J/K.mol)$ وبين تلقائية التفاعل من عدم تلقائية التفاعل في كلتا الدرجتين الحراريتين

غير تلقائي $\Delta G^0 = +130.82$ $\qquad$ **تلقائي** $\Delta G^0 = -25.18\ KJ/mol$

مساعد الطالب في مادة الكيمياء للصف السادس الأحيائي

خاص وحصري لرحلة التفوق في السادس

إعداد الأستاذ المبدع

حيدر يحيى علوان



لمتابعتنا على مواقع التواصل الأجتماعي

رحلة التفوق في السادس — @rt_edu

رحلة التفوق في السادس — @A_M_Z_F